Phyt.
133
w

Phyt.
4°
133^m
Hartig

ENTWICKELUNGSGESCHICHTE

DES

PFLANZENKEIMS,

DESSEN STOFFBILDUNG UND STOFFWANDLUNG

WÄHREND DER VORGÄNGE DES REIFENS UND DES KEIMENS.

FÜR

PFLANZENBAU UND PFLANZENCHEMIE.

VON

Dr. THEODOR HARTIG.



MIT 4 TAFELN ABBILDUNGEN IN FARBENDRUCK AUS DER K. K. HOF- UND STAATSDRUCKEREI IN WIEN. DIE HOLZSCHNITTE AUS DER XYLOGRAPHISCHEN ANSTALT VON MEZGER IN BRAUNSCHWEIG.

LEIPZIG, 1858.

A. FÖRSTNERSCHE BUCHHANDLUNG.
(ARTHUR FELIX.)

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

„Jeder selbst untersucht in sich selbst so weit, bis er sich selbst nicht mehr wider-
„sprechen kann. Darum muss derjenige, welcher eine Untersuchung führen will, gewandt
„sein in Aufbringung von Einwendungen, welche der Gattung des Gegenstandes eigen-
„thümlich sind; dies aber ergiebt sich aus vorhergegangener Betrachtung aller Unter-
„schiede."

Aristoteles „Ueber das Himmelsgebäude" L. II., C. 13.

Einleitung.

Acker-, Wald- und Gartenbau sind, ihren wesentlichsten Elementen nach, angewandte, physiologische Botanik. Stammen auch die meisten ihrer Lehrsätze aus dem Erfahrungsschatze einer vieljährigen Praxis, so ist es doch nicht weniger wahr: dass wissenschaftliche Erkenntniss der Pflanze, besonders der Bedingungen ihrer Ernährung, ihres Wachsens, ihres besseren oder weniger guten Gedeihens der Grundstein jener producirenden Gewerbe sein muss, wenn ihnen der rationelle Fortschritt zum Bessern gesichert sein soll.

Die Pflanze ist der Boden in dem das Thierleben wurzelt, denn die Stoffe der anorganischen Natur sind zur Ernährung des thierischen Körpers ebenso untauglich, wie die Stoffe der organischen Natur — selbst bis zur Humuslösung hinab — für die Ernährung der Pflanze. Wie die Pflanze zu den Stoffen des Bodens und der Luft, so verhält sich das Thier zu den Stoffen der Pflanze und zur Pflanze selbst, deren wesentlichste Bestimmung im Haushalte der Natur es ist: die Rohstoffe der anorganischen Körperwelt in sich aufzunehmen und in einer Weise zu organischem Stoffe auszubilden, in der sie nicht allein zur Erhaltung und Entwickelung des eigenen, sondern auch zur Ernährung des thierischen Organismus geeignet sind.

Schon in dieser Richtung ist das Samenkorn der Pflanze, sind die Bestandtheile desselben für den Haushalt des Menschen von hoher Bedeutung, denn in ihnen, besonders in dem an Stickstoff, Schwefel, Phosphor reichen Klebermehle des Samenkorns reicht die Pflanze, meist ohne Vernichtung des eigenen Daseins, den grössten und wichtigsten Theil seines Nährstoffs dem thierischen Körper dar. Das Samenkorn ist die geheimnissreiche Werkstätte, in welcher diese Stoffe bereitet und in einer Form und Beschaffenheit dem thierischen Körper dargeboten werden, die dessen Bedürfnissen am vollkommensten entspricht.

Dass dieser besondere, über die Grenzen der Selbsterhaltung hinausreichende Zweck in der Natur des Samenkorns vorbedacht sei, bestätigt in überzeugender Weise die, mit dem Samenkorne vereint von der Mutterpflanze sich trennende Frucht, deren oft reicher Gehalt an thierischem Nährstoff weder zur Mutterpflanze noch zum reifen oder keimenden Samenkorne in irgend einer nothwendigen Beziehung steht und allein für die Thierwelt geschaffen erscheint.

Das Wirken des Pflanzenzüchters führt diesen in noch nähere Beziehungen zur Pflanze, und es ist einer der Zwecke vorliegender Schrift: denselben bekannt zu machen mit dem Baue und mit den Bestandtheilen des Samenkorns; mit den Veränderungen, welche diese Bestandtheile während des Reifens und Keimens erleiden; mit der Bedeutung dieser Veränderungen in der Entwickelungsgeschichte des Pflanzenkeims, von dessen erstem Auftreten bis zur Reife des Samenkorns, während der Samenruhe und im Verlaufe des Keimens, um auf diesem Wege einen Beitrag zu liefern zur Förderung wissenschaftlicher Praxis. Es wird sich aus ihr mancher Fingerzeig auch für den zweckmässigsten Betrieb des Saatgeschäfts ergeben, dessen weiterer Verfolg jedoch nicht hierher, sondern in die Lehrbücher der Fachkunde gehört.

Es ist aber noch ein anderer Zweck, dem ich die vorliegende Arbeit gewidmet habe.

In den letztverflossenen Decennien war es die Chemie des Organischen, die, in richtiger Erkenntniss dessen was uns nöthig ist, dem Producenten sich zur Seite stellte und dessen Führer geworden ist. Die Pflanzenphysiologie hat sich hierbei nur wenig betheiligt. In allen, den Pflanzenzüchter vorzugsweise berührenden Fragen:

in denen der Ernährung und Verähnlichung, des Wachsens und Gedeihens der Pflanzen hat die Wissenschaft den Standpunkt kaum verlassen, auf den sie erhoben wurde durch die Arbeiten eines Hales und Duhamel, eines Saussure und Bonnet. Zwar ist auch im Felde der Pflanzenphysiologie während der letztverflossenen Jahrzehende nicht weniger und nicht weniger erfolgreich gearbeitet worden, als in anderen Zweigen der Naturwissenschaft, allein seit Meyen hat sich die Forschung vorzugsweise morphologischen Gegenständen und den Fragen über Befruchtung und Fortpflanzung zugewendet, es ist, in dieser denkwürdigen Periode plötzlichen und hohen Aufschwunges naturwissenschaftlicher Erkenntniss durch das Princip nüchterner Forschung, zwar viel für die Wissenschaft, aber wenig nur für's Leben gewirkt worden, und nicht mit Unrecht wurde dies den Physiologen zum Vorwurfe gemacht. So grosser Erfolge sich die Chemie zu erfreuen hat, es würden diese noch weit grösser gewesen sein, wäre die Pflanzenphysiologie mit ihr Hand in Hand gegangen, anstatt gerade in dieser Zeit sich mit Erledigung von Fragen zu beschäftigen, die, so gross ihre wissenschaftliche Bedeutung ist, dennoch den Pflanzenzüchter wie den Chemiker nur sehr entfernt berühren.

Eine kurze und treffende Zusammenstellung der Desiderate des Chemikers giebt uns Schlossberger (Lehrb. der org. Chemie, 4. Aufl. 1857, S. 28):

„In den Zellen der Pflanzen finden sich die wunderbaren, chemischen Naturwerkstätten, ausgestattet mit „Kräften von ausserordentlicher Gewalt und räthselhaftem Reichthum der Richtung; mit Kräften, denen es ge- „lingt, die innigsten, unorganischen Verbindungen, wie Kohlensäure, Wasser, Ammoniak, zu zerlegen und aus „denselben die allgemeinen Bestandtheile des Pflanzenreichs zu erzeugen. Ueber die Mittel und Wege, deren „sich die Natur zur Erreichung dieses grossen Zweckes bedient, besitzen wir kaum die dürftigsten Kenntnisse. „Wir wissen allein, dass jene unorganischen, in Luft, Wasser und Boden verbreiteten Verbindungen, neben ge- „wissen unorganischen Salzen, die wichtigsten, unentbehrlichsten Nahrungsmittel der Pflanze ausmachen und dass, „als die allgemeinsten Erzeugnisse des Pflanzenlebens, die sogenannten Proteinkörper, der Zellstoff, Stärkemehl, „Dextrin, Zucker und gewisse organische Säuren erscheinen, an die sich noch ein grüner Farbstoff, das Blatt- „grün, in Rücksicht seiner ausserordentlichen Verbreitung anschliesst. Ueber die Zeit, den Ort und die „Reihefolge, in welcher diese Materien in den Gewächsen ihren Ursprung nehmen, besitzen wir eben so wenig „befriedigende Kenntnisse als über die Art, wie sie entstehen. Von der allergrössten Wichtigkeit, schon „für die pflanzlichen Lebensverrichtungen, besonders aber für die Bestimmung der Pflanzen als Nahrungsmittel „der Thiere, ist die Erzeugung der stickstoffhaltigen allgemeinen Pflanzenstoffe; über ihre Bil- „dung wissen wir aber noch weniger als über die der stickstofffreien, vorerwähnten Pflanzenstoffe.“

Die hier aufgeworfenen Fragen sind es, mit denen ich mich seit einer langen Reihe von Jahren vorzugsweise beschäftigt habe; sie können als Prospect des grösseren Theils vorliegender Arbeit betrachtet werden, in welcher ich mich bemühet habe darzulegen: 1) Dass auch im Innern der Pflanze organisirte, hüllhäutige Körper (zu denen ausser der Zelle auch der Zellkern, das Blattgrün, Stärkemehl, Inulin, Klebermehl und die Cellulosekörper gehören), nie aus formlosen, protoplasmatischen Stoffen, sondern stets nur aus vorgebildeten, durch eine Hüllhaut in sich abgeschlossenen, der Zelle untergeordneten Organismen entstehen. 2) Dass jede höher gebildete Pflanze dem Zellkerne einer Mutterpflanze entstamme. 3) Dass der Zellkern sich mehre oder verjünge aus seinem, durch Selbsttheilung sich mehrenden oder durch Furchung (Globenbildung) sich verjüngenden Kernkörperchen. 4) Dass die, das Kernkörperchen einschliessenden Bestandtheile des Zellkerns zum doppelhäutigen Ptychodeschlauche sich entwickeln. 5) Dass aus dem Ptychodeschlauche und dessen Inhalte die starre Zellwandung entstehe, nach vorhergegangener Regeneration desselben, während, in einer abgezweigten Richtung, aus den Kernstoffkörpern des Zellkerns Saftbläschen sich bilden, die, wie der Zellkern selbst durch Intussusception formloser, flüssiger Bildungsstoffe sich ernähren und wachsen, diese letzteren, nach deren Aufnahme in den hüllhäutigen Organismus, zu Cellulose, Chlorophyll, Stärke, Inulin, Kleber umbildend, entweder unmittelbar oder durch Stoffwandlung der einen Substanz in die andere, vorschreitend im Processe des Reifens, rückschreitend im Processe des Keimens. 6) Dass Gummi, Zucker und Gallert, Gleis, Eiweiss und Käsestoff, Gerb- und Extractivstoffe Producte seien jener rückschreitenden Metamorphose der hüllhäutigen Körper und deren endlicher Auflösung in einen, der Wanderung von Zelle zu Zelle fähigen Zustand, behufs Ernährung keimender und sprossender, der selbstständigen Assimilation von Rohstoffen anorganischer Natur noch nicht befähigter Pflanzentheile.

Wenn die Pflanzenphysiologie noch nicht in dem Maasse zum Leitstern der producirenden Gewerbe geworden ist, wenn sie noch nicht diejenige Geltung in der Praxis sich errungen hat, die der Physik und Chemie,

die selbst der Physiologie des thierischen Organismus zugestanden ist, so liegt der Grund hiervon weniger in willkührlicher Vernachlässigung einer Erledigung praktisch wichtiger Fragen, als in ungewöhnlich grossen Schwierigkeiten, die der Forschung des Phytotomen mehr als der des Zootomen entgegentreten.

Im thierischen Körper ist einer jeden der verschiedenen Lebensverrichtungen ein besonderes Organ gegeben. Das Thier hat seinen Mund und seinen Speisekanal, es hat seine Speichel- und Gallengefässe, Herz und Lunge, Adern und Nerven. In Folge dieser Sonderung ist jede vitale Verrichtung viel leichter zu verfolgen, in ihren Ursachen und Wirkungen leichter zu ergründen als dies im Körper der Pflanze der Fall ist, die für alle diese Lebensverrichtungen nur ein und dasselbe Organ, die mikroskopisch kleine Zelle besitzt, für sie zugleich Mund und Magen, Herz und Lunge, Leber und Niere. Der Zootom kann nicht allein die Organe der verschiedenen Lebensverrichtungen erfassen und getrennt seinen Forschungen unterwerfen, er kennt auch den Nährstoff des Thieres, es ist ihm ein Leichtes die Veränderungen zu ermitteln, die derselbe im Speisekanal erleidet; er vermag die Unterschiede im Blute der Arterien und der Venen festzustellen; ihm bieten sich Speichel und Magensaft, Chylus und Galle, Harn und Schweiss in gesonderten Massen zur Untersuchung dar.

Das Alles ist dem Phytotomen versagt. Es kennt derselbe weder den Nährstoff der Pflanze an sich, noch weiss er wie derselbe aufgenommen wird aus unmittelbarer Wahrnehmung. Den Bestand des Nährstoffs muss er ableiten aus den elementaren Bestandtheilen des Pflanzenkörpers, die Art der Aufnahme muss er herleiten aus den Quellen des Nahrungsstoffs in der Umgebung der Pflanze. Die Hypothese steht hier unverschiebbar schon an der Pforte zur wissenschaftlichen Erkenntniss der wichtigsten Erscheinungen des Pflanzenlebens. Wir sprechen und schreiben zwar auch von einem rohen Nahrungssafte, von Bildungssaft, Cambium, Protoplasma, Cytoblastem, weil wir Namen haben müssen für Dinge, die, unseren Ansichten vom Pflanzenleben entsprechend, da sein müssen; was dies aber für Säfte und Stoffe seien, worin sie sich voneinander unterscheiden, woraus sie bestehen, das wissen wir nicht, weil es unmöglich ist sie von anderen Stoffen zu sondern, mit denen sie im kleinen Raume derselben Zelle vereint sind, deren jede ein Laboratorium ist für die verschiedensten Verrichtungen der Lebensthätigkeit, ein Magazin für die verschiedensten Produkte derselben.

Daher ist die Einzelzelle und deren Leben Grundstein aller physiologischen Erkenntniss des Pflanzenlebens. Erst wenn wir hier zum Abschlusse gelangt sind, lässt sich mit Sicherheit fortschreiten zur Erkenntniss der Wurzel-, Blatt- und Knospenthätigkeit, fortschreiten zur Erkenntniss des Gesammtlebens der Pflanze.

Ein Arbeiten in dieser Richtung fordert vor Allem den höchsten Grad der Selbstverleugnung von Seiten des Arbeiters. Die Mikroskopie ist ein Wald, der nur in später Zeit brauchbares Bauholz liefert; sie ist ein Baum, der dem Pfleger „oft nach zwanzig Jahren kaum die ersten seiner süssen Früchte trägt", wenn diese nicht erst seinem Nachfolger in den Schooss fallen. Auch abgesehen von der Unvollkommenheit optischer Hülfsmittel, war das vorige Jahrhundert, mit dem: La science c'est moi! seines Gelehrtenthums, einer Förderung physiologischer Erkenntniss in dieser Richtung wenig günstig. Es kannte keine Diener, es kannte nur Herren der Wissenschaft. Mit seinen subjectiven Bestrebungen in die ersten Jahrzehende unseres Jahrhunderts hinüberreichend, wendete sich die Arbeitskraft der Forscher erst mit Meyen und Mohl, Schleiden und Unger dem genauern Studium der Einzelzelle zu, und wenn diese elementaren Studien lange Zeit hindurch einen, im Verhältniss zur aufgewendeten Arbeit kärglichen Erfolg zeigten, so lag dies vorzugsweise in dem Grundsatze: nur das anatomische Messer auf dem Mikroskoptische zu dulden, nur den natürlichen, unveränderten Zustand der von ihm blossgelegten Theile sprechen zu lassen. In Folge dessen konnten dann auch nur die starren Formen und Bestandtheile der Zelle, und selbst diese nur unvollkommen zur näheren Kenntniss gelangen, so weit wie das Messer und die Präparirnadel ausreichten, eine Zerlegung der Zelle in ihre Bestandtheile zu bewirken. Die Kenntnisse vom Zellenbau blieben auf der Stufe einer Bekanntschaft mit dem Baue des Schneckengehäuses und der lebensthätige Organismus, ein im Innern der starren Zellwand gelagertes, schlauchförmiges Organ — der Ptychodeschlauch — blieb unbeachtet (Seite 142).

Zuerst durch meine, im Jahre 1835 erschienene Arbeit „Ueber Stärkemehl, Milchsaft, Nahrungssaft und Cambium der Holzpflanzen" (Journal für prakt. Chemie von Erdmann und Schweigger-Seidel V. 4. S. 217) wurde ich auf die Nothwendigkeit hingewiesen, chemische Reagentien bei mikroskopischen Untersuchungen in Anwendung zu bringen, theils zur Unterscheidung verschiedenartiger Stoffe des Zellraums und der Zellwand, theils als Mittel einer weniger gewaltsamen Zerlegung letzterer in ihre Bestandtheile. Dieser, anfänglich verwor-

fenen, gegenwärtig geduldeten und als zweckmässig anerkannten, wenn auch noch zu wenig angewendeten, chemisch-mikroskopischen Untersuchungsweise muss ich es zuschreiben, dass ich durch meine Arbeiten in vielen Dingen zu Ansichten gelangte, wesentlich abweichend von denen meiner Mitarbeiter am Mikroskope.

Bis zum Jahre 1840 wurde die starre Zellwand als die einzige Umhüllung der Zellflüssigkeit betrachtet; es wurde und wird noch heute angenommen, dass Erstere aus einer Mehrzahl geschlossener, von Tipfelkanälen durchsetzter Schichtungen bestände, die nach und nach aus der Zellflüssigkeit ausscheiden und sich auf der Innenseite der vorgebildeten Schichten ablagern, in ähnlicher Weise wie der Achat oder der Sprudelstein aus der Mutterlauge an den Wänden des Gefässes sich verdickt. Dieser Ansicht trat ich mit der Nachweisung entgegen: dass die Schichtungen der starren Zellwand keineswegs eierschalenförmig in sich geschlossen seien, sondern dass sie einem spiralig um den Zellraum gewundenen Bande angehören (Taf. II, Fig. 40 Holzfaser der Kiefer *), dass die Windungen dieses Bandes zusammengehalten würden von einer inneren und von einer äusseren Grenzhaut (Ptychode und Ptychoide); dass diese Grenzhäute stofflich verschieden seien von den Schichtungslamellen des spiralig aufgerollten, aus Cellulose bestehenden Bandes. Die Forschung nach dem Ursprunge des häutigen Bestandes der Zellwand führte mich zur Entdeckung jenes, der inneren Wandungsfläche angelagerten, schlauchförmigen, doppelhäutigen Organs (1841—44), das ich den Ptychodeschlauch nannte, und als den eigentlichen, lebensthätigen Bestand der Zelle erkannte, vorzugsweise durch die, auf seiner Doppelhäutigkeit beruhende Sonderung zweier verschiedener Säfte, eines Ptychodesafts vom Zellsafte.

Im Jahre 1844 unter dem veränderten Namen „Primordialschlauch" in die Wissenschaft eingeführt, wurde dieses Organ seiner physiologischen Bedeutung beraubt durch die, der meinigen entgegenstehende Annahme: es bestehe dasselbe nur aus einer, die gesammte Zellflüssigkeit einschliessenden Schlauchhaut. Diesem Umstande ist es wohl zuzuschreiben, dass dieser wichtigste Zellentheil bei der grossen Mehrzahl der Beobachter so spät erst Anerkennung gefunden hat, denn nur in seiner Duplicatur, in der damit verbundenen Sonderung zweier verschiedenen Zellflüssigkeiten, ist seine physiologische Bedeutung begründet (Seite 31).

Nach sorgfältiger und oft erneueter Prüfung dessen, was ich vor 14 Jahren über den Ptychodeschlauch veröffentlichte, darf ich alles das bestätigen was den Bestand, die Permanenz, die Duplicatur des Schlauchs, was die Sonderung des Ptychodesafts vom Zellsafte durch die innere Schlauchhaut betrifft und nur in genetischer Hinsicht hat sich mir ein anderes Sachverhältniss zu erkennen gegeben, indem, wie ich in vorliegender Arbeit näher nachweisen werde, die Regeneration des Schlauches, nachdem der erste Schlauch mit dem Inhalte seines Ptychoderaums sich zur ersten Zellwandung umgebildet hat, nicht allein vom ersten Schlauche, sondern auch vom Zellkerne ausgeht.

Durch eine Reihe dem Mikroskoptische bisher fremder Reagentien und anderer Hülfsmittel der Untersuchung, so wie durch Combination der Wirkung bereits bekannter Reagentien (ich habe am Schlusse dieser Schrift ein Verzeichniss derselben, so wie Anweisung zu deren Bereitung und Verwendung gegeben), hat sich mir in den letztverflossenen Jahren ein erweiterter Gesichtskreis eröffnet in Bezug auf den Bildungsvorgang der Zelle, des Ptychodeschlauches, des Zellkerns und der übrigen hüllhäutigen Körper des Ptychoderaumes. Sind hierin auch noch viele und grosse Lücken zu ergänzen, so glaube ich doch zur Erkenntniss eines natürlichen Zusammenhanges dieser Bildungs- und Entwickelungsvorgänge gelangt zu sein, die es mir erlaubt, die Resultate meiner Beobachtungen, ausserhalb der Grenzen rein wissenschaftlicher Mittheilungen, einem grösseren Publikum gegenüber auszusprechen.

Einem grösseren Leserkreise gegenüber, durfte ich eine Bekanntschaft mit dem Baue der Pflanze und der Zelle, als allgemein bestehend nicht voraussetzen, es wurde nothwendig, meinen speciellen Mittheilungen über die Vorgänge des Reifens und des Keimens, das Elementare und Allgemeine des Zellenbaues und des Zellenlebens vorangehen zu lassen. Dies ist geschehen im ersten, die Entwickelungsgeschichte der Pflanzenzelle behandelnden Theile dieser Schrift, während der zweite Theil die Entwickelung des Pflanzeneies bis zur Keimbildung, der dritte Theil endlich diejenigen stofflichen Veränderungen behandelt,

*) Leicht und schön erhält man dieselbe Ansicht, wenn man die Haare von der Spitze enthülster Haferkörner einige Stunden in salpetersaures Quecksilberoxydoxydul legt. Ich besitze Braunkohlenhölzer, in denen alle Holzfasern jene Contraction des Astathebandes erkennen lassen, vielleicht in Folge einwirkender Säuren bei deren Uebergang in den Zustand der Braunkohle.

welche der Pflanzenkeim und dessen, in ihm oder im Samenkorne niedergelegten Reserve-Bildungsstoffe während des Reifens und Keimens erleiden.

Dadurch ist meine Arbeit zu etwas Mehrerem geworden, als der Titel derselben angiebt; sie darf zugleich betrachtet werden als eine Darstellung des Zellenlebens in Bezug auf Ernährung und Wachsthum (freilich nur in allgemeinen Umrissen; das Speciellere habe ich in einer nachfolgenden Arbeit „über Knospenleben" zusammengestellt), in Bezug auf Stoffbildung und Stoffwandlung *), wie solche sich mir als Resultat fünfundzwanzigjähriger Studien zu erkennen gaben. Freilich weichen die hier niedergelegten Beobachtungen und die aus diesen entwickelten Ansichten in vielen Dingen wesentlich ab von dem, zur Zeit in der Wissenschaft Geltenden, allein ich darf sagen: dass mir alle die abweichenden Ansichten und Meinungen wohl bekannt sind, dass ich dieselben sorgfältiger Prüfung wiederholt unterworfen habe, und dass ich, nach Aristotelischem Principe, nur da beharre bei dem, aus eigener Anschauung entsprungenen Erfahrungssatze, wo ich durch das Experiment zur wissenschaftlichen Ueberzeugung gelangt bin, oder wo, zwischen zweien controversen Hypothesen, das Gewicht der Gründe auf Seite der meinigen zu liegen scheint.

Damit will ich jedoch nicht entfernt die Unfehlbarkeit der von mir entwickelten Ansichten behaupten; es wäre dies thöricht im Bereiche einer Wissenschaft, in der überhaupt noch nicht mehr als die ersten Schritte gethan sind zur Erkenntniss der einfachsten Erscheinungen; in einer Wissenschaft, die, selbst in ihren elementaren Fragen dem Forscher mehr und grössere Schwierigkeiten entgegenstellt als irgend eine andere. Der Kern meiner Arbeit ist eine Reihe von Beobachtungen, betreffend die Entwickelungsgeschichte der Zelle, des Zellkerns und der übrigen hüllhäutigen wie der formlosen Pflanzenstoffe. Diese in Wort und Bild hier niedergelegten **Beobachtungen** sind es, die allein in jeder Richtung ich vertrete, und wenn ich dem geneigten Leser gegenüber eine Bitte aussprechen darf, so ist es die: um Unterscheidung des gegebenen Materials von dem Aufbau desselben. Wenn ich nämlich einen Schritt über die Mittheilung vereinzelter Thatsachen hinausgegangen bin, wenn ich es versucht habe, dieselben in einen gemeinschaftlichen Rahmen und in den wissenschaftlichen Zusammenhang einer Entwickelungsgeschichte zu bringen, so konnte dies nur geschehen mit Hülfe von Folgerungen und theilweise allerdings hypothetischen Ansichten zur Ausfüllung von Beobachtungslücken, deren Ergänzungsmaterial gerade hier nur allzuoft beharrlich der Bearbeitung sich entzieht. Folgerungen und daraus hergeleitete Ansichten kann in der Mikroskopie kein Beobachter vertreten, denn weder Sorgfalt noch Vorsicht und Fleiss schützen denselben vor einem Uebersehen, sichern ihm die Wahrnehmung alles dessen, was am Gegenstande seiner Untersuchung überhaupt wahrnehmbar und auf die richtige Beurtheilung desselben von Einfluss ist. Ich glaube von mir sagen zu dürfen, dass ich nicht zu den flüchtigen Beobachtern gehöre, allein ich gestehe gern: dass ich Jahre lang Dinge übersehen habe, die mir an denselben Objecten jetzt überall mit der grössten Schärfe und Bestimmtheit entgegentreten, nachdem ich auf deren Vorhandensein aufmerksam geworden war. Das Uebersehene, oder das dem Auge des Beobachters fern Gebliebene kann aber dem Gesehenen eine andere Deutung geben als der Beobachter aus letzterem herzuleiten sich berechtigt hielt. In der Entwickelungsgeschichte ist die Richtigkeit der Ansicht ausserdem noch bedingt von der chronologisch richtigen Zusammenstellung der beobachteten, einzelnen Zustände. Mit Unrecht hat man die hieraus entspringenden Meinungsverschiedenheiten selbst der erfahrensten und bewährtesten Forscher, das Schwankende der Ansichten in Sachen der Mikroskopie, dem

*) Nicht zu verwechseln mit dem, was in neuerer Zeit mit dem Namen Stoffwechsel bezeichnet und vielfältig besprochen wurde. Die aus dem Thierleben entwickelte Lehre vom Stoffwechsel — d. h. eine bis zum Tode des Thieres, auch nach vollendeter Ausbildung desselben fortdauernde Erneuerung der Substanz seiner Körpertheile, einerseits durch fortdauernde Ernährung und Neubildung, andererseits durch Zurückgabe einer, der Neubildung entsprechenden Stoffmenge an die anorganische Körperwelt — ist mit Unrecht auch auf den pflanzlichen Organismus übertragen worden, dessen natürliche Bestimmung es ist: die Stoffe der anorganischen Natur für die Ernährung der Thierwelt in organische Stoffe umzubilden und bis zu seinem Tode zu fixiren. Daher wächst dann auch die Pflanze bis zu ihrem Tode, während der Thierkörper, trotz fortdauernder Ernährung, in verhältnissmässig kurzer Zeit seine volle Ausbildung erlangt. Zwar scheidet auch die Pflanze bedeutende Mengen von Kohlensäure zur Nachtzeit und im Schatten aus, allein wir haben triftige Gründe zur Annahme: dass dieselbe, wie das verdunstete Wasser und wie der im Lichte ausscheidende Sauerstoff nicht aus bereits gebildetem Pflanzenstoffe stamme, sondern überschüssig aufgenommener Rohstoff der Ernährung sei. Was ich hier unter Stoffwandlung verstehe, bezieht sich auf eine, mit Hülfe geeigneter Reagentien mikroskopisch nachweisbare Umwandlung der Substanz bereits fertig gebildeter Pflanzentheile in solche von abweichender, chemischer Zusammensetzung: auf die Umbildung des Kernstoffs der Zellkerne in Zellstoff oder in Stärke oder Kleber, der Stärke in Kleber, des Klebers in Stärke etc., wie ich solche in den Entwickelungsfolgen des dritten Theiles dieser Schrift näher nachgewiesen habe.

Mikroskope zur Last gelegt. Ein gutes Instrument zeigt die Dinge dem, mit seinem Gebrauche vertrauten Beobachter nicht anders als sie sind, aber es schützt nicht vor einem Uebersehen, oder vor einem Nichtauffinden wirklich vorhandener Gegenstände und Bildungen, es schützt nicht vor unrichtiger Zusammenstellung des Gesehenen, nicht vor unrichtigen Folgerungen aus dem Gesehenen.

Die isolirte Stellung, welche meine Ansichten über Zellenbau und Zellenleben in der Wissenschaft einnehmen, forderte vor Allem thatsächliche Begründung derselben durch das Experiment, wie durch Hinweisung auf instructive, die Ansichten bestätigende und belegende Objecte. Dies mag es entschuldigen, wenn ich in der Darlegung meiner Beobachtungen in manchen Fällen ausführlicher gewesen bin als dies, einem grösseren Leserkreise gegenüber, unter anderen Umständen gerechtfertigt erscheint. In den beifolgenden Tafeln habe ich mich bemüht, so vollständig als es möglich war, ohne den Preis der Schrift zu sehr zu erhöhen, die Gründe meiner Ansichten bildlich darzustellen, um auf diesem Wege auch den, mit den anatomischen Verhältnissen der Pflanze nicht vertrauten Leser urtheilsfähig zu machen in Bezug auf das Für und Wider der, aus dem Thatsächlichen abgeleiteten Ansichten. Ich hoffe, dass mir dies gelungen ist mit Hülfe der K. K. Staatsdruckerei in Wien, und ist es mir eine angenehme Pflicht, meinen Dank auszusprechen für die Liberalität, mit welcher Ein K. K. Hohes Finanzministerium die Benutzung jener weltberühmten Anstalt dem Ausländer gestattet hat, für die vielseitige Unterstützung, welche Herr Regierungsrath Auer dem artistischen Theile meines Unternehmens zu Theil werden liess.

Dem, mit phytotomischen Abbildungen weniger vertrauten Leser gegenüber habe ich für zweckmässig und das Verständniss der Abbildungen erleichternd erachtet, die verschiedenen, organisirten Körper der Zelle durch übereinstimmende Färbung kennbar zu machen, wenigstens da, wo die Darstellung einer Entwickelungsfolge angehört. Hierzu habe ich diejenigen Farben erwählt, in denen die verschiedenen Körper des Zellraums durch Anwendung geeigneter Reagentien sich zu erkennen geben. Das Nähere hierüber enthält die der Schrift beigegebene Erklärung der Abbildungen.

Die Einordnung meiner Beobachtungen in die Vorgänge des Reifens und des Keimens, vereint mit dem Streben nach Vermeidung von Wiederholung hat zur Folge gehabt, dass Beobachtungen, welche ein und denselben Gegenstand betreffen, nicht selten in verschiedenen Theilen der Schrift niedergelegt wurden. Diesem Uebelstande habe ich dadurch abzuhelfen gesucht, dass in einem angehängten Verzeichniss der, in der Schrift verwendeten wissenschaftlichen Namen, bei jedem derselben die Seiten verzeichnet wurden, auf denen über denselben Gegenstand Mittheilungen enthalten sind. Man wird durch dieses Verzeichniss zugleich auch leicht und rasch die Bedeutung der gebrauchten Fremdwörter auffinden können. Ferner habe ich in dem Namenverzeichniss der gegebenen Abbildungen die Seiten benannt, auf denen dieselben ihre Erklärung finden.

Was die wörtliche Darstellung meiner Beobachtungen und Ansichten betrifft, so fühle ich selbst nur zu sehr das Mangelhafte derselben, allein ich hoffe auf Nachsicht. Der Baumeister, welcher ein gegebenes Material zu einem vollkommneren Lehrgebäude umbaut, muss in dieser Hinsicht den strengsten Anforderungen entsprechen; der Arbeiter im Steinbruche, der neues Material für den Ausbau seiner Wissenschaft liefert, darf auf Nachsicht Anspruch machen, wenn ihm die Gabe tadelfreier Mittheilung fehlt, wenn er auch nur in unvollkommnen Zügen die Resultate seiner Forschungen dargelegt hat. Diese Nachsicht ist es um welche ich meine Leser bitte.

Braunschweig, im Mai 1857.

Der Verfasser.

Uebersicht des Inhalts. *)

Erster Theil.

Entwickelungsgeschichte der Pflanzenzelle.

Uebersicht.

Seite

§. 1. Jede höher entwickelte Pflanze entsteht aus einer Zelle. Diese erste Zelle entstammt dem Zellkerne einer Mutterpflanze und vermehrt sich durch Selbsttheilung 1
§. 2. Bestandtheile der Pflanzenzelle 1
§. 3. Entstehung der nackten Ptychodezelle aus dem Zellkerne 2
§. 4. Entstehung der Wandungszelle aus der nackten Ptychodezelle 3
§. 5. Die Wandungszelle mehrt sich durch Selbsttheilung 4

Erster Abschnitt.

Vom Zellkerne.

§. 6. Der, durch Intussusception von Bildungssäften wachsende, aus dem Kernkörperchen sich regenerirende Zellkern ist die Bildungsstätte aller organisirten Körper des Zellraums, der Zelle und der Pflanze selbst. Auch im Innern letzterer entsteht nichts Organisirtes aus formlosen, protoblasmatischen Stoffen 4

A. Eigenschaften und Bestandtheile des ausgebildeten Zellkerns.

§. 7. Eigenschaften des Zellkerns 6
§. 8. Der Kernstoff 7
§. 9. Die Hüllhaut 7
§. 10. Das Kernkörperchen 8

B. Die Physalide des Zellkerns.

§. 11. Allgemeines 10
§. 12. Der Monophysalid 11
§. 13. Die Mikrophysalide 11
§. 14. Die Makrophysalide 12

C. Verjüngung und Vermehrung des Zellkerns.

§. 15. Allgemeines 15
§. 16. Die Verjüngung 15

Seite

§. 17. Die Vermehrung 16
§. 18. Vermehrung durch Kernkörperchentheilung 16
§. 19. Vermehrung durch Selbsttheilung 16

D. Ortsveränderung des Zellkerns.

§. 20. Passive und selbstthätige Ortsveränderung 17

E. Functionen des Zellkerns.

§. 21. Schlauchbildung, Bläschenbildung, Assimilation . . 18

F. Verschwinden des Zellkerns.

§. 22. Einlagerung eines Kernkörperchens, oder auch nur eines Theils desselben in die Zellwandung 20

Zweiter Abschnitt.

Von den Zellen.

§. 23. Bestandtheile und Formverschiedenheiten. Umwandlung der Zellen in Fasern; verschiedene Ausbildung der letzteren; Umbildung derselben zu Röhren durch Verwachsung, zu Markstrahlzellen durch Abschnürung. Intercellularräume 21

A. Der Ptychodeschlauch.

§. 24. Entstehung des Ptychodeschlauches aus dem Zellkerne und Verhältniss des Zellkerns zum Ptychodeschlauche 23

1. Die Schlauchhäute.

§. 25. Physikalische und chemische Eigenschaften und Beschaffenheiten 24
§. 26. Contractilität 24
§. 27. Verhalten zu Pflanzengiften 25
§. 28. Gegenseitiges Verwachsen der beiden Schlauchhäute zu Schlichthautflächen; darauf beruhende Bildung von Tipfelkanälen, Ring- oder Spiralfasern 26
§. 29. Verwachsung der Schlichthautflächen benachbarter Zellwände zu correspondirenden Tipfelkanälen. Der einfache und der Siebtipfel. Tipfelkanalbildung zwischen fertigen und unfertigen Zellwänden 27

2. Der Inhalt des Ptychodeschlauchs.

§. 30. Ptychodesaft und Zellsaft. Sonderung des ersteren von letzterem durch die innere Schlauchhaut. Son-

*) In dieser Uebersicht habe ich nicht allein die Reihefolge der behandelten Gegenstände ihren, im Texte bezeichneten Titeln nach, so wie die Hinweisung auf §§. und Seitennummer gegeben, sondern da, wo es mir des besseren Verständnisses wegen zweckmässig erschien, jedem §. eine kurze Uebersicht seines wesentlichsten Inhaltes hinzugefügt, die im Texte nicht enthalten ist.

B

Seite

derung des Ptychodesafts von der Zellwandung durch die äussere Schlauchhaut. Der Ptychodesaft wird durch Jod nicht gefärbt. Strömung desselben. Feste Körper des Ptychoderaums 28

3. Die Selbsttheilung des Ptychodeschlauchs.

§. 31. Die Abschnürung des Ptychodeschlauchs ist keine gleichzeitige. Zuerst schnürt sich die innere Schlauchhaut ab, dann verdoppelt sich der in die Abschnürungsfläche getretene Zellkern durch Selbsttheilung, und erst wenn dies geschehen ist, erfolgt die Abschnürung der äusseren Schlauchhaut in derselben Theilungsebene (cont. S. 147) 30

4. Abweichende Ansichten.

§. 32. Weitere Gründe für die Duplicatur und Permanenz der Schlauchhäute 31

B. Die Zellwandung.

1. Entstehung der Zellwand aus dem Ptychodeschlauche.

§. 33. Umbildung des ersten Ptychodeschlauchs in die erste Zellwandung (Cambialwandung) (cont. S. 147) . . 33

§. 34. Umbildung des zweiten Ptychodeschlauchs in eine zweite Zellwandung, unter Reduction der Cambialwandung auf deren häutigen Bestand (cont. S. 148) 34

§. 35. Die reducirte Cambialwandung der dickwandigen Holz- und Bastfasern 35

§. 36. Entstehung der Celluloseschichten im Samenkorne von Tropaeolum; verschiedene Entwickelungszustände der Zellwand im reifen Samen 36

§. 37. Intercellulare Zellwandungen im Collenchym von Tussilago Petasites; Intercellulare Ptychodeschläuche im Zellgewebe von Asparagus. 37

§. 38. Stark verdickte Cambialwandungen 38

§. 39. Die Zellwandungen der Gerbzellen aus Quercus, Rosa, Rubus, der Gummizellen aus Astragalus und Prunus, der Schleimzellen aus Tilia, Ulmus, Cereus, der —? Zellen aus Heracleum 39

§. 40. Herleitung einer Entwickelungsgeschichte der Zellwandung aus verschiedenen Zuständen fertig ausgebildeter Zellen 40

a) Die nackte Ptychodezelle 40

b) Die Cambialzelle 40

c) Die zweihäusige Zelle 40

d) Die mehrhäusige Zelle. 41

§. 41. Folgerungen aus dem Vorhergehenden gegenüber den herrschenden Ansichten über Bildung der Ablagerungsschichten 41

2. Die fertige Zellwand.

§. 42. Bau derselben; anatomische Unterschiede zwischen den Schichtungscomplexen und deren häutiger Begrenzung (cont. S. 149) 42

§. 43. Entgegengesetztes Verhalten der Schichtungslamellen des Astathebandes und der dieselben begrenzenden Häute zu chemischen Reagentien (cont. S. 150) . . 44

3. Verbindung der Zellwände benachbarter Zellen untereinander.

§. 44. a) Verbindung der Zellen durch die extendirten Wände der Mutterzellen, b) durch eine von den Zellen nach aussen abgeschiedene Kittmasse (Holzkitt, Eustathe) 45

4. Kernbildung.

§. 45. Der Uebergang des Splintes in Holz beruht auf einer organischen Umbildung des Zellstoffs, oft verbunden mit Verdickung der Zellwand. Nur ausnahmsweise tritt hinzu eine Füllung der Zellräume mit Xylochrom oder harzigen Stoffen. Inkrustirende Materie . . 46

C. Die Oberhaut.

Seite

§. 46. Entstehung derselben aus dem embryonalen Zellkerne des Keimsäckchens; Ernährung durch das unterliegende Zellgewebe; Wachsthum durch Intussusception. Die sogenannten Spaltenöffnungen sind durch eine zarte Schlichthaut verschlossen und den Schlichthautflächen jeder anderen Zelle analoge Bildungen 46

Zweiter Theil.

Entwickelungsgeschichte des Pflanzeneies bis zur Entstehung des Keims.

A. Die Blüthe.

§. 47. Blüthenstaub, Fruchtknoten, Befruchtung 49

B. Das Pflanzenei.

§. 48. Besteht aus einer centralen Zellgewebsmasse (Kernwarze) und aus den sie einhüllenden Eihäuten, die später zu den Samenhäuten sich ausbilden . . . 50

C. Das Keimsäckchen.

§. 49. Entsteht aus einer einfachen Zelle der Kernwarze, deren Zellwandung meist resorbirt wird, während der doppelhäutige Ptychodeschlauch derselben zum Keimsäckchen sich vergrössert. 50

§. 50. Schlauchförmige, absteigende Entwickelung des Keimsäckchens 51

§. 51. Schlauchförmige, aufsteigende Entwickelung des Keimsäckchens 51

§. 52. Blasige, allseitige Entwickelung 52

D. Die Zellkern-Brutbeutel des Keimsäckchens.

§. 53. Entwickelung derselben im Ptychoderaum, aus dem ursprünglich einfachen Zellkerne des Keimsäckchens, dessen Hüllhaut zur gemeinschaftlichen Hülle einer, durch Selbsttheilung vermehrten Zahl von Zellkernen wird 53

E. Endospermbildung.

§. 54. Unterschiede zwischen Perisperm, Endosperm, Samenlappen, Albumen 54

§. 55. Endospermbildung im Eie von Lupinus 55

§. 56. Endospermbildung im Eie von Clematis 55

§. 57. Endospermbildung im Eie von Cucurbita 56

§. 58. Endosperm-Tochterzellen durch mehrarmige Einstülpung der inneren Schlauchhaut 57

§. 59. Endosperm-Tochterzellen durch selbstständige Abschnürung der äusseren Schlauchhaut 58

§. 60. Sterile Endospermzellen 59

F. Resorbtion.

§. 61. Resorbtion der Kernwarze, der Zellkern-Brutbeutel, des Endosperm 60

G. Bildung der Vorkeime und des Keims.

§. 62. Vorkeim und Keimbildung von Lupinus, von Tropaeolum, von Ricinus 61

§. 63. Beziehungen zur Befruchtungsfrage 63

Dritter Theil.

Entwickelungsgeschichte der Reservestoffe des Embryo und des Endosperm bis zur Samenreife und während des Keimens.

Erster Abschnitt.

Die Reservestoffe.

a. Bedeutung der Reservestoffe.

Seite

§. 64. Stärkemehl, Inulin, Klebermehl, fettes Oel, in vielen Fällen nachweisbar auch der Wandungsstoff der Zelle selbst, sind Bildungsstoffe, bereitet in vorhergehenden für nachfolgende Vegetationsperioden, in einem gegen äussere Einflüsse minder empfindlichen, der Aufbewahrung während der Dauer ruhender Lebenskraft fähigen Zustande 65

b. Lagerstätte der Reservestoffe.

§. 65. Gleiche Bedeutung der Reservestoffe im Samenkorne, in der Knolle, Rübe, Zwiebel, in Wurzel und Stamm ausdauernder Pflanzen 66

c. Verschiedenheit der Reservestoffe.

§. 66. Hüllhäutige Sonderkörper. Wandungsstoffe. Hüllhautlose Stoffe 68

Zweiter Abschnitt.

Die Vegetationsperioden.

a. Begründung derselben im Ernährungsvorgange.

§. 67. Wenn nur die dem Lichte zugänglichen Pflanzentheile fähig sind, Rohstoffe der anorganischen Natur in Bildungssäfte umzuwandeln, wenn dieselben Pflanzen periodisch ihre, dem Lichte zugänglichen Theile verlieren, so bedürfen sie zur Wiedererzeugung derselben, also zur Wiederherstellung eines assimilationsfähigen Zustandes, nothwendig einer Summe reservirter Bildungsstoffe 69

§. 68. Die Herbstperiode — Periode des Reifens. Bildung und Aufspeicherung von Reservestoffen 71

§. 69. Die Winterperiode — Samenruhe. 71

§. 70. Die Frühperiode — Keimung und Sprossung, Wachsthum aus der Verwendung von Reservestoffen . . 72

§. 71. Die Sommerperiode Ernährung — Quellen der Rohstoffe, Aufnahme derselben, Umbildung zu Bildungssaft, Saftbewegung 74

Dritter Abschnitt.

Entstehung, Ausbildung und Stoffwandlung der Reservestoffe während des Reifens und Keimens.

§. 72. Die ersten, erkennbaren Zustände und Umbildungen des in den Blättern bereiteten Bildungssafts sind der Ptychodesaft und der aus diesem entnommene Kernstoff des Zellkerns, beide wie es scheint überall von gleicher Beschaffenheit. Die aus den Monophysaliden und Makrophysaliden der Zellkerne stammenden Säfte des inneren Zellraums zeigen schon grössere Verschiedenheiten, die, in dem Gehalte der Mikrophysalide an Zellstoff, Chlorogen, Chlorophyll, Stärke, Inulin, Kleber am bestimmtesten hervortreten . . 76

A. Die Kernstoffkörper des Zellkerns erleiden nach ihrer Diffusion in den Ptychoderaum keine andere bemerkbare Veränderung als den Verlust ihrer farbenspeichernden Eigenschaft.

1. Beschreibung der Kernstoffkörper.

Seite

§. 73. Stoffliche Veränderungen derselben nach ihrer Trennung vom Zellkerne 77

2. Entwickelungsfolgen.

§. 74. Bildung und Resorbtion derselben vor und nach deren Trennung vom Zellkerne 78

B. Die Kernstoffkörper des Zellkerns verwandeln sich unmittelbar in Chlorophyllkörper.

1. Beschreibung des Chlorophyll.

§. 75. a) Der farblose Träger. b) Der wachshaltige Farbstoff; letzterer im Ptychoderaume des Mikrophysalid, ersterer im Innenraume gelagert. Farbenverschiedenheit. Umbildung zu Wandungszellen. Stärkemehlbildung im Chlorophyllkorne 79

2. Entwickelungsfolgen.

§. 76. 1. Vitis vinifera 82

2. Cucurbita Pepo 83

C. Die Kernstoffkörper des Zellkerns verwandeln sich unmittelbar in Stärkemehl (Amylon).

1. Beschreibung des Stärkemehls.

a) Chemisches.

§. 77. Reactives Verhalten. Elementare Bestandtheile . . 83

b) Form, Grösse, Färbung.

§. 78. Geformte und formlose Stärke 83

c) Bau und Bestandtheile.

§. 79. Hüllhaut; Cambialwandung; Schichtungslamellen eines Astathebandes; innerste Faltenhaut 84

α) Die Hüllhaut.

§. 80. Sie umschliesst selten das reife Mehlkorn, sondern bleibt meist in der Mehlzelle zurück 85

β) Das Astatheband und seine Begrenzung.

§. 81. Die Schichtungslamellen des Astathebandes sind aussen begrenzt durch eine, vermöge ihrer Umkippungen unterscheidbare Cambialwandung und durch eine innerste, spiralig gefaltete Innenhaut. Andeutungen von Tipfelkanälen. Meniskenform der Schichtungen und deren zarthäutiger Zusammenhang. Einstülpungen. Der Bau des Stärkekornes gleicht dem Baue jeder anderen Wandungszelle 86

γ) Das granulirte Stärkekorn.

§. 82. Die einzelnen Schichten des Astathebandes sind hier nicht strukturlos, sondern bestehen aus einer unzählbaren Menge kleiner Mehlkörnchen, die in einigen Fällen durch ihre concentrisch-schaalige Anordnung den Uebergang zu den Schichtungslamellen durch gegenseitige Verwachsung zu erkennen geben (Cenchrus) 89

δ) Das mehrfach componirte Stärkekorn.

§. 83. Grosskörner; Mittelkörner; Kleinkörnchen in mehrfacher Einschachtelung. Entstehung dieser Bildungen durch fortdauernde Selbsttheilung im Innern des Mehlkorns. Bedeutung einer innersten Schlauchhaut und darin lagernder Pile beim Vorgange der Selbsttheilung (cont. S. 152) 91

ε) Kern.

§. 84. Zweifel an dem Vorkommen eines solchen . . . 94

2. Vorkommen des Stärkemehls. Seite

§. 85. Vorkommen in verschiedenen Pflanzentheilen. Ueber das Vorkommen im Samen verschiedener Pflanzenarten s. §. 99 95

3. Entstehung des Stärkemehls.

§. 86. Entstehung des Stärkemehls aus Kernstoffkörpern, schon im Innern des Zellkerns (über Stärkemehlbildung im Innern bereits vom Zellkerne getrennter Saftbläschen oder Körner s. §. 90); ursprünglich componirte Bildung desselben; Isolirung derselben im Verlauf der Entwickelung; ursprünglich gebildete Einzelkörnchen 96

4. Vermehrung des Stärkemehls.

§. 87. a) Vermehrung durch eine Mehrzahl von Stärkemehl-Generationen, die von dem, aus dem Kernkörperchen sich wiederholt regenerirenden Zellkerne aus, in den Ptychoderaum der Zelle übergehen, bis zur Verdrängung des Innenraums

b) Vermehrung durch Selbsttheilung im Innern, vom Zellkern bereits ausgesendeter Saftbläschen . 98

5. Auflösung des Stärkemehls im Keimungsprocesse.

§. 88. Veränderungen in der Struktur der Mehlkörner während des Keimens; endliche Auflösung zu Dextrin und Zucker (cont. S. 151) 100

6. Entwickelungsfolgen.

§. 89. Aus a) Quercus. b) Cucurbita. c) Solanum. d) Vicia und Tropaeolum 102

D. Die Kernstoffkörper des Zellkerns verwandeln sich zunächst in Chlorophyllkörper und in diesen bildet sich erst das Stärkemehl.

1. Beschreibung.

§. 90. Das im Chlorophyllbläschen oder im Chlorophyllkorne entstandene Stärkemehl unterscheidet sich in keiner Weise von dem im Kernstoffkörper selbst entstandenen. Das ursprünglich einfache Stärkekorn bildet sich im Innenraume eines Chlorophyllkörpers; das ursprünglich componirte Stärkekorn bildet sich im Ptychoderaume eines Chlorophyllbläschens . . 103

2. Vorkommen.

§. 91. Vorzugsweise in den dem Lichte zugänglichen Pflanzentheilen 103

3. Entwickelungsfolgen.

§. 92. a) Vicia Faba. b) Phaseolus. c) Solanum. d) Begonia. e) Conferva. f) Chara. g) Nuphar. h) Spiraea 104

E. Die Kernstoffkörper des Zellkerns verwandeln sich unmittelbar in Klebermehl.

1. Beschreibung des Klebermehls (Aleuron).

§. 93. Bedeutung des Klebermehls 108

a) Die äussere Erscheinung desselben.

§. 94. Optisches Verhalten. Unterschiede in Grösse, Form, Färbung, so wie im Vorkommen verschiedenartiger Einschlüsse 108

b) Bestandtheile desselben.

§. 95. Das Klebermehl besteht aus einem doppelhäutigen Ptychodeschlauche, in dessen Innenraume die Klebermasse (Aleuron) gelagert ist, theils gestaltlos, theils ganz oder theilweise zu einem oder mehreren krystallinischen Aleuronkernen ausgebildet. In dem theils nach innen, theils nach aussen, an einem oder an mehreren Stellen des Umfangs beutelförmig erweiterten Ptychoderaume lagern verschiedenartige, stofflich verschiedene Einschlüsse. Chemisches . 111

a) Die Hüllhäute.

§. 96. Nachweisung derselben an verschiedenen, der Beobachtung günstigen Klebermehlarten. Das optische wie reactive Verhalten der Hüllhäute ist übereinstimmend mit dem der Häute des Zellkerns, des Stärkemehls und des Ptychodeschlauchs 112

b) Die Aleuronsubstanz.

§. 97. Optische, physikalische und reactive, chemische Eigenschaften derselben 113

c) Die Einschlüsse.

§. 98. Beschreibung der Weisskerne, Kranzkörper, Krystalloide. Versuch einer Entwickelungsgeschichte derselben. Uebergangsbildungen. Andeutung einer Entstehung derselben aus dem Kernkörperchen des Zellkerns. Inulin 116

c) Vorkommen des Klebermehls.

§. 99. Allgemeinheit des Vorkommens überall da, wo Reservestoffe abgelagert werden. Dem Stärkemehl untergeordnetes Vorkommen in Wurzel und Stamm; überwiegendes Vorkommen in Sämereien. Aufzählung der Pflanzenfamilien, in denen das Klebermehl, so wie derjenigen, in denen das Stärkemehl vorherrschend ist 120

d) Entstehung und Vermehrung des Klebermehls.

§. 100. Ursprüngliche Entstehung innerhalb des Zellkerns aus den Kernstoffkörpern desselben. Entstehung durch Stoffwandlung aus vorgebildeten, bereits vom Zellkerne geschiedenen Chlorophyll- oder Stärkekörnern 124

e) Auflösung des Klebermehls im Keimungsprocesse.

§. 101. α) Auflösung des Klebermehls zu Aleurontropfen. β) Umwandlung des gelösten Aleuron in Gleis . . 124

2. Entwickelungsfolgen.

§. 102. a) Ricinus. b) Cucurbita. c) Fraxinus. d) Vitis. e) Carpinus 129

F. Die Kernstoffkörper des Zellkerns verwandeln sich in Stärkemehl und letzteres bildet erst das Klebermehl.

1. Beschreibung.

§. 103. Reihefolge der Umbildung 134

2. Entwickelungsfolgen.

§. 104. a) Corylus. b) Amygdalus, Prunus. c) Die Nadelhölzer 134

G. Die Kernstoffkörper des Zellkerns verwandeln sich in Chlorophyll, daraus entsteht Stärkemehl und aus letzterem bildet sich erst das Klebermehl.

§. 105. Entwickelungsfolgen des Samenkorns von a) Lupinus luteus. b) Lupinus albus. c) Tropaeolum majus 138

Schluss 145

Beilagen 147

I. Nachträge, Ergänzungen und Verbesserungen . . . 147

II. Reagentien-Verzeichniss 153

III. Namen- und Sach-Register 156

IV. Erklärung der Abbildungen 160

ERSTER THEIL.

Entwickelungsgeschichte der Pflanzenzelle.

Uebersicht.

§. 1. Der Ursprung einer jeden Pflanze, vom einzelligen Pilze bis zur Eiche und Palme hinauf, ist eine einzelne kleine Zelle. Diese Urzelle des pflanzlichen Individuums entstammt einer Mutterpflanze meist gleicher Art.

Wenige Pflanzen der niedrigsten Bildungsstufen bleiben stets einzellig (Gährungspilze, Roste, Brande etc.) und mehren sich durch freie Zelltheilung. Sie können als Zellenfamilien betrachtet werden, die sich ohne gemeinschaftliche, einschliessende Oberhaut vermehren, daher des Zusammenhanges entbehren. Die grosse Mehrzahl der Pflanzen wächst zwar ebenfalls durch eine, auf Theilung vorgebildeter Zellen beruhende Zellenmehrung, durch Vergrösserung und Ausbildung jeder neu entstandenen Tochterzelle, allein die Zellenmehrung geschieht hier innerhalb der bleibenden, im Umfange der gesammten Nachkommenschaft als Oberhaut fortwachsenden Wandung der Urzelle des Individuums, und erst mit erlangter Mannbarkeit tritt auch bei ihnen die freie Zellenbildung auf, im Keimsäckchen des Pflanzeneies und im Staubbeutel.

Mit Ausschluss weniger Geschlechter besteht daher jede Pflanze aus einer Mehrzahl, von gemeinschaftlicher Oberhaut eingeschlossener Zellen.

§. 2. Zellen sind bläschenförmige Körper, bestehend aus zwei ineinandergeschachtelten, zarten, contractilen Schlauchhäuten (Taf. I, Fig. 14, 15 p, p′) und aus zwei Flüssigkeiten verschiedener Art, von denen die eine den innern Zellraum (daselbst z), die andere den Raum zwischen den beiden Schlauchhäuten (daselbst pr) erfüllt. Ich habe die beiden Schlauchhäute innere und äussere Faltenhaut (Ptychode und Ptychoide), den wasserklaren, oft gefärbten Saft des inneren Raumes: Zellsaft, den getrübten, nie gefärbten Saft im Raume zwischen beiden Schlauchhäuten: Ptychodesaft genannt (Leben der Pflanzenzelle).

Die beiden Schlauchhäute mit ihren Säften und ein im Raume zwischen den beiden Schlauchhäuten lagernder, kugeliger Körper, der Zellkern (Nucleus, Cytoblastus), in den Abbildungen beiliegender Tafeln überall durch karminrothe Färbung erkennbar, bilden den wesentlichsten, lebensthätigen Bestand der Pflanzenzelle, das Jugendkleid derselben. Erst im Verlauf der Fortbildung entsteht aus dem Ptychodeschlauche und dessen Inhalte die starre Zellwandung, während ein neuer Ptychodeschlauch aus dem Zellkerne erwächst, im Innern des, zur Zellwand umgewandelten, ersten Schlauches (Taf. I, Fig. 24 w, ist die aus dem ersten Schlauche entstandene Zellwandung, p ist der neue Ptychodeschlauch).

Der Zellkern ist die Bildungsstätte nicht allein dieses zweiten, sondern auch des ersten Ptychodeschlauches, nicht allein der Schlauchhäute, sondern auch einer Reihe hüllhäutiger Körper: der Saftbläschen und der Grünfarbbläschen (Taf. I, Fig. 14, 15), des Stärkemehls (Taf. III, Fig. 12 a—d), des Klebermehls

(Taf. IV, Fig. 1 d) und der Zellstoffkörper (Taf. II, Fig. 45), die aus ihm in den Raum zwischen beiden Schlauchhäuten übergehen, woselbst sie entweder für immer voneinander getrennt bleiben und eine Stoffwandlung in Chlorophyll, Stärke, Kleber erleiden, oder untereinander zum Astathebande der Zellwandung verwachsen (Taf. II, Fig. 45, 46 z, Fig. 40). Der Zellkern enthält in sich das Kernkörperchen für seine eigene Wiedererzeugung.

Der Zellkern besteht aus einer äusseren Hüllhaut, aus dem die Hauptmasse bildenden Kernstoffe und aus dem Kernkörperchen (Taf. I, Fig. 14). Das Letztere ist in den abgebildeten Zellkernen überall durch ein dunkleres Roth erkennbar.

An grösseren Zellkernen erkennt man deutlich eine Zusammensetzung des Kernstoffs aus vielen, in polyedrische Form gepressten, wie es scheint schon jetzt von einer Hüllhaut umgebenen und dadurch gesonderten Kernstoffkörpern (Taf. II, Fig. 9—13).

§. 3. Der Ptychodeschlauch entsteht aus dem Zellkerne in zweifach verschiedener Weise.

1. Ein einzelnes Kernstoffkörperchen des Zellkerns entwickelt sich unter der Hüllhaut desselben zu einem Saftbläschen (Monophysalid). In dem Maasse als dasselbe durch Säfteeinsaugung sich vergrössert, erweitert sich auch die Hüllhaut des ursprünglichen Zellkerns (Taf. I, Fig. 18—15, Fig. 59). Dadurch werden die übrigen Kernstoffkörperchen ihrer gemeinschaftlichen Hülle beraubt, sie treten aus ihrer Verbindung, vertheilen sich im Raume zwischen der Haut des Monophysalid und der erweiterten Hüllhaut des ursprünglichen Zellkerns, die zusammengenommen den Ptychodeschlauch bilden, verwandeln sich dort in kleinere Saftbläschen (Mikrophysalide), aus denen weiterhin das körnige oder bläschenförmige Chlorophyll (Taf. III, Fig. 7, 8), das Stärkemehl (Taf. III, Fig. 10), das Klebermehl (Taf. IV, Fig. 1 d), oder auch die zur Cellulosewandung verwachsenden Cellulosekörper (Taf. II, Fig. 45, 46) entstehen, während aus dem Kernkörperchen ein neuer, wandständiger Zellkern erwächst (Taf. I, Fig. 24).

2. Mehrere Kernstoffkörperchen entwickeln sich im Zellkerne gleichzeitig zu grösseren Saftbläschen (Makrophysalide) und drängen, durch ihre auf Säfteeinsaugung beruhende Vergrösserung, die Hüllhaut des ursprünglichen Zellkerns vom Reste der übrigen Kernstoffkörperchen ab (Taf. I, Fig. 64, 65, Fig. 21; Taf. III, Fig. 3—6). Letztere entwickeln sich, wie im vorigen Falle unter Regeneration des Zellkerns aus dem Kernkörperchen, zu Mikrophysaliden, während die mit wasserklarem Safte erfüllten Makrophysalide mit zunehmender Grösse um den neuen Zellkern zu einem zarthäutigen Zellgewebe verwachsen, durch welches der, von den Makrophysaliden nicht aufgesogene, getrübte Saft und die in ihm vertheilten Mikrophysalide, theils nach dem neuen Zellkerne, theils nach der Hüllhaut des ursprünglichen Zellkerns hin verdrängt werden, theils dem Intercellularraume zwischen den Makrophysaliden verbleiben (Taf. I, Fig. 21, 22, Fig. 44, 45, Fig. 55; Taf. II, Fig. 20—22; Taf. III, Fig. 1—6).

Später sieht man den neuen, centralen Zellkern nicht mehr umgeben vom geschlossenen Zellgewebe der Makrophysalide, sondern in einem äusserst zarthäutigen Sacke, dem Zellkernbeutel, von dem aus schlauchförmige Kanäle in radialer Richtung nach dem Ptychodeschlauche hinziehen und in denselben ausmünden (Taf. I, Fig. 22, 46; Taf. II, Fig. 19, 23; Taf. III, Fig. 1, 2, Fig. 12 a b). Die Lage, Zahl und Richtung dieser Schlauchfäden, durch welche der Zellkern in der Mitte des Zellraums festgehalten wird, wie die Spinne im Netze, entspricht offenbar dem Verlaufe der Intercellularräume des Makrophysaliden-Gewebes und ich meine: sie entstehen einerseits durch Resorbtion aller sich unmittelbar berührenden Makrophysalide-Häute, andererseits durch gegenseitiges Verwachsen der freien, nicht in Berührung mit Nachbarhäuten stehenden Häute, wodurch die dem Zellkerne zugewendeten Hautflächen den Zellkernbeutel bilden, während einerseits die Begrenzung der Intercellularräume zu den Intracellularkanälen verwächst, andererseits die, der ursprünglichen, zur Ptychoide erweiterten Hüllhaut des Zellkerns zugewendeten, Makrophysalide-Häute die Ptychode des Schlauches bilden. In diesem Falle sind es die Hüllhaut des ursprünglichen Zellkerns und die ihr zugewendeten, verwachsenen Hautflächen aller Makrophysalide, welche den Ptychodeschlauch bilden, dessen Raum mit dem Raume des Zellkernbeutels durch die Intracellularkanäle in offener Verbindung steht.

Demgemäss ist der innere Zellraum in beiden Fällen Physalidenraum, im ersten Falle ist er der Raum eines einzelnen, im letzten Falle ist er der, durch Resorbtion aller sich berührenden Makrophysalide-Häute vereinte Raum vieler Saftbläschen. Demgemäss ist der innere Zellsaft Physalidensaft und da wir die Makrophysalide zu einer Zeit durch Säfteaufsaugung sich vergrössern sehen, in welcher sie noch überall vom Ptychodesafte

umspült sind (Taf. III, Fig. 4, 5), so müssen sie, wenigstens ursprünglich, ihren Saft nothwendig dem Ptychodesafte entziehen.

Demgemäss entsteht die äussere Haut des Ptychodeschlauches in beiden Fällen aus der Hüllhaut des ursprünglichen Zellkerns, die innere Haut hingegen aus Physalidehäuten. Ob der flüssige Theil des Ptychodesafts aus dem Zellsafte der Mutterzelle, ob er aus dem Ptychodesafte der älteren Nachbarzelle bezogen werde, lässt sich nicht entscheiden. Gewiss ist die, mitunter sehr lebhafte, strömende Fortbewegung des Ptychodesafts in den ihm angewiesenen Räumen, der man die körnigen und bläschenförmigen Körper jenes Safts häufig folgen sieht.

§. 4. Die Zellwand entsteht aus dem Ptychodeschlauche in folgender Weise:

Ehe noch aus den körnigen, dem Zellkerne entstammenden Körpern des Ptychoderaums die Cellulosewandung sich bildet, verwachsen die beiden Häute des Ptychodeschlauches untereinander in vereinzelten Tipfelstellen, oder in ringförmig abgeschlossenen, oder in spiralig fortlaufenden Flächen zur Schlichthaut. Wo eine solche Verwachsung der beiden Schlauchhäute zu einfacher Schlichthaut stattgefunden hat, muss die, stets innerhalb der beiden Schlauchhäute eintretende, auf einer Umbildung und gegenseitigen Verwachsung der, vom Zellkerne in den Ptychoderaum übergegangenen, Kernstoffkörper in Cellulosekörper (Taf. II, Fig. 45, 46 z) beruhende, Cellulosebildung aussetzen, es findet an diesen Stellen eine Wandverdickung nicht statt und es entsteht der Tipfelkanal, die Einsenkung zwischen der Ringfaser oder Spiralfaser (Taf. II, Fig. 42—46), durch Zellstoffbildung in den nicht verwachsenen Ptychoderäumen.

Auf dieser Zellstoffbildung beruht die Erstarrung des Ptychodeschlauches zur Zellwandung. Sie besteht darin, dass die durch Diffusion vom Zellkerne aus in den Ptychoderaum vertheilten Kernstoffkörperchen, nachdem sie durch Selbsttheilung sich vermehrt und eine bedeutendere Grösse erlangt haben, umgebildet in einen dem Stärkemehle verwandten Stoff, untereinander verwachsen zu einem meist spiralig im Ptychoderaume gelagerten Bande (Taf. II, Fig. 40), das ich das Astatheband der Zellwandung nannte, dessen Entwickelungsverlauf Taf. II, Fig. 45, 46 die Fichten-Holzfaser darstellt.

Mit der inneren Fläche der Zellwandung verwächst die innere Schlauchhaut, auch den Innenraum der Tipfelkanäle und die Einsenkungen zwischen den Ring- und Spiralfasern auskleidend. Mit der äusseren Grenze der Zellwand verwächst die äussere Ptychodehaut, so dass die fertige Zellwand aus dem Astatheband und aus zwei Zellhäuten besteht. Taf. II, Fig. 40 zeigt bei a das Astatheband, p. die innere Faltenhaut (Ptychode), p′ die äussere Faltenhaut (Ptychoide), t die den Tipfelkanal auskleidende, am Ende linsenförmig erweiterte, kanalförmige Fortsetzung der inneren Schlauchhaut nach aussen, bei x mit der äusseren Schlauchhaut verwachsen, aus einem durch Schwefelsäure und Alkohol hergestellten Präparat der Kiefern-Holzfaser.

Aber noch vor Beginn der Umbildung des Ptychodeschlauches in die Zellwandung tritt der Zellkern in eine, dem Innenraume der Zelle zugewendete, Einstülpung des Ptychoderaums (Taf. II, Fig. 24; Taf. III, Fig. 3, Fig. 25 a b), wo nicht seine Stellung schon ursprünglich eine centrale ist, wie Taf. I, Fig. 21—23 zeigt. Er bildet von hier aus in einer oder der andern Weise einen neuen Ptychodeschlauch (Taf. I, Fig. 24), der sich der inneren Wandfläche des, inzwischen zur Zellwand sich verwandelnden, ersten Ptychodeschlauches innig anlegt. Dieser Vorgang, die Umwandlung des Ptychodeschlauchs in die Zellwand, die Regeneration des Ptychodeschlauchs aus dem Zellkerne, die Regeneration des Zellkerns aus dem Kernkörperchen, wiederholt sich ein zweites mal, oft sogar ein drittes, viertes, fünftes mal bei allen sehr dickwandigen Holz- und Bastfasern, seltner bei Spiralfaserzellen (in der Testa des Samens von Moringa, Casuarina, in den Luftwurzeln der Orchideen) und in dickwandigen Zellen des Parenchyms, nie im telienchymatischen Fasergewebe der Bastschichten und in Korkzellen.

In Bezug auf die ineinandergeschachtelten Zellwandungen muss man sagen: dass die inneren Wandungen jünger sind als die äusseren, nicht in Bezug auf die Schichtungslamellen jedes einzelnen Astathebandes, deren Entstehung und Wachsthum gleichzeitig ist.

In den Holz- und Bastfasern folgt der ersten Zellwandung ganz allgemein die Bildung einer zweiten, inneren Zellwand. Während diese letztere sich entwickelt, wird die Cellulosesubstanz der ersten Zellwandung (Cambialwandung) ganz oder theilweise resorbirt, es bleiben nur die Zellhäute der Cambialwand unaufgelöst. Taf. II, Fig. 45 stellt dies von a nach c fortschreitend, Fig. 46 stellt dasselbe in verschiedenen Zellendurchschnitten dar. Wo innerhalb der zweiten noch eine dritte und vierte Zellwand entsteht, da behalten diese sämmtlich ihre Dicke und füllen häufig den Zellraum fast gänzlich aus. In solchen Fällen ist das Astatheband jeder der

ineinandergeschachtelten Zellwände häufig in einer, dem Astathebande der nächst jüngeren und nächst älteren Zellwand entgegengesetzten Windung gelagert (Bot. Zeit. 1855, T. IV, Fig. IX b).

Der Ptychodeschlauch mit seinem Inhalte ist der wichtigste, lebensthätige Bestandtheil der Pflanzenzelle. Die Zellwandung hingegen, zu vergleichen mit dem Korallenstocke, mit dem Panzer oder dem Schneckengehäuse der Thiere, dient dem zarthäutigen Ptychodeschlauche zum Halt- und Stützpunkte, dient zum Aufbau des Pflanzenkörpers aus einer unzählbaren Menge von Bausteinen.

Hat auf diesem Wege der erste Ptychodeschlauch sich zur ersten Zellwand, der erste Zellkern sich zum zweiten Ptychodeschlauche, das erste Kernkörperchen sich zum zweiten Zellkerne entwickelt, so ist die erste Zelle der jungen Pflanze gebildet (Taf. I, Fig. 24), bestehend aus der Zellwand und aus dem Ptychodeschlauche; die Zellwand bestehend aus den beiden Schlauchhäuten und dem Astathebande; der Ptychodeschlauch bestehend aus den beiden Schlauchhäuten, zwischen denen der Ptychodesaft mit den darin vertheilten, hüllhäutigen Körpern ergossen ist, beide Schlauchhäute den Zellsaft des Innenraums einschliessend.

§. 5. Die Selbstständigkeit des Zellkerns in Herausbildung der Pflanzenzelle ist aber beschränkt auf die Entwickelung der ersten Zelle des Individuums. Sie erlischt damit und wird für die ganze Nachkommenschaft dieser ersten Zelle eine indirecte, indem es fortan der Ptychodeschlauch ist, der die Zellenmehrung unmittelbar veranlasst, indem er selbst sich zu Töchterschläuchen abschnürt, wie dies Taf. II, Fig. 14—18 in fortschreitender Entwickelungsfolge an nackten Ptychodeschläuchen darstellt. Bei dieser Art der Zellenmehrung bildet der wandständige Zellkern eine Mehrzahl von Makrophysaliden, die den Innenraum der Zelle verdrängen (14), dadurch entstehen zwischen den Makrophysaliden Intercellularräume, die es gestatten, dass der Zellkern (durch die Saftströmung?) seinen Weg in den Mittelpunkt der Zelle findet (15). Hier theilt sich der Zellkern in zwei gleiche Hälften (Fig. 16, 17, 20), und erst wenn dies geschehen ist, erleidet die äussere Schlauchhaut eine Abschnürung in zwei Töchterschläuche (Fig. 17, 18), wobei die Abschnürungsfläche stets in gleicher Ebene mit der Abschnürungsfläche des Zellkerns liegt, so dass jedem Tochterschlauche dadurch eine Hälfte des Zellkerns zufällt, die sehr rasch zu einem vollständigen Zellkerne heranwächst. Da aber der abgeschnürte Tochterschlauch zur Zellwandung sich ausbildet, da, im Innern dieser, der neue Ptychodeschlauch aus dem Zellkerne sich bildet, da es dieser, aus dem Zellkerne gebildete, Ptychodeschlauch ist, der, zum Mutterschlauche herangewachsen, durch erneute Abschnürung neue Töchterschläuche bildet, so kann man auch in diesem Falle sagen: dass der Zellkern wenigstens mittelbar Zellerzeuger sei.

ERSTER ABSCHNITT.

Vom Zellkerne.

§. 6. Auch im Innern der Pflanze und der Zelle entsteht nichts Organisirtes, nichts von einer Hüllhaut Umschlossenes, unmittelbar aus formlosen Stoffen, sondern diese dienen der Ernährung, dem Wachsthum und der Wiedererzeugung des Zellkerns aus dem Kernkörperchen, wenn und wo derselbe seinen Kernstoff und seine Hüllhaut zu Saftbläschen und Schlauchhäuten ausgesendet hat.

Die Frage: ob organisirte Körper nur aus vorgebildeten Keimen eines gleichartigen Mutterkörpers, oder ob sie auch aus formloser, unbelebter Materie entstehen können, ist, wenigstens für die lebende Schöpfung, mit ziemlicher Sicherheit zu Gunsten der ersten Ansicht entschieden, dieser ist aber eine Thatsache zur Seite getreten, der zu Folge, mit dem Erlöschen des Gesammtlebens der Organismen, nicht nothwendig auch jeder

kleinste Theil derselben dem Chemismus anheim fällt und zur formlosen Materie zurückschreitet, sondern, unter begünstigenden Umständen, sich fortzubilden vermag als Organismus anderer Art.

Das Pflanzenreich liefert eine Menge unwiderleglicher Beläge für die Entstehung niederer Pflanzen aus Bestandtheilen höherer Gewächse. Schon im Jahre 1830 wies ich nach: dass die, mitten im gesunden, lebenskräftigen Holze entstehende Pilzfaser der Roth- und Weissfäule nicht aus vorgebildeten Keimen gleicher Art entstehen könne, auch nicht aus formlosen Zersetzungsprodukten hervorgehe, sondern sich entwickle aus, wenn auch abgestorbenen doch stofflich nicht veränderten, unzerstörten, molekularen Theilen der Holzfaser selbst. Stärkemehlkörnchen sah ich in faulenden Pflanzenstoffen nicht selten zu Pilzfasern sich umbilden, ehe noch der Mutterkörper seine Reaction auf Jod völlig verloren hatte. Pollenkörner wachsen zu Pilzfäden anstatt zu Pollenschläuchen aus (Theorie der Befruchtung Taf. I, Fig. 28). Roste, Brande, entophytische Blattpilze, das subcutane Keimpulver der Baumflechten entstehen unzweifelhaft aus Saftbläschen oder Saftkörnchen der Rinde- oder der Blattzellen, vor deren Auflösung in formlose Stoffe; die Schwärmfäden der Marchantien gehen durch mannigfaltige, thierähnliche Bildungen (Spirillum, Vibrio, Monas, Amoeba, Bodo) zu Protococcus und Gliederalgen über (Bot. Zeit. 1855 S. 505).

Diese Thatsachen, wie der ihnen verwandte Generationswechsel, erklären so manche Erscheinung, die bis daher der Behauptung freithätigen Werdens niederer Organismen zur Stütze diente; sie giebt der Ansicht eines auf Fortpflanzung beschränkten Werdens organischer Körper Gemeingültigkeit, erweitert aber den Begriff der Fortpflanzung dahin: dass das organisch Belebte nicht immer nur in Wesen gleicher Art fortdaure; dass, wenn auch innerhalb enggezogener Grenzen, dem Gesammtleben höherer Organismen entzogene Theile zu Organismen niederer Bildung sich umwandeln und fortleben können.

„Omne vivum ex ovo", der Lehrsatz des grossen Meisters, dehnt sich aber noch weiter aus als dies der gegenwärtige Standpunkt physiologischer Botanik annimmt, die noch heute die mannigfaltigsten, unzweifelhaft organisirten Gebilde, die den Zellkern und das Mehlkorn, das Saftbläschen und das Chlorophyll aus formlosem Bildungsstoffe (Protoblasma) zusammentreten lässt, ähnlich der Ausscheidung des Krystalls aus der Mutterlauge. Ich dehne ihn aus auf alles Organisirte, von einer Hüllhaut Umgebene und in sich Abgeschlossene, auch innerhalb des Pflanzenkörpers, auf die Zelle und den Zellkern, auf das Kernkörperchen und das Saftbläschen, auf das Chlorogen-, Chlorophyll-, Stärkemehl- und Klebermehl-Korn.

Was die Pflanzenwelt für den Erdkörper, was die Einzelzelle für die Pflanze ist: ein ihr dienstbarer, vom Gesammtleben derselben zwar beherrschter und abhängiger, dennoch aber den eigenen Haushalt mit eigenen Kräften selbstständig führender Organismus, Bürger eines wohl bestellten Gemeinwesens, thätig nach aussen zur Erhaltung und Förderung des Gemeinwohles, thätig nach innen zur Erhaltung und Fortbildung seiner selbst, das sind jene, den Mikrokosmus der Einzelzelle bildenden, hüllhäutigen Körper des Ptychoderaumes für die Zelle, der sie angehören, eine kleine Welt lebendiger, der Zelle und dem Zellenleben wie sich selbst dienstbarer Wesen; Organismen dritter Rangstufe gegenüber der Zelle und der Pflanze.

Alle diese hüllhäutigen Körper: die Pflanze, die Zelle, der Zellkern, das Kernkörperchen und der centrale Globus des letzteren, entstehen nie und nirgends aus protoblasmatischen Stoffen, sondern durch Vervielfältigung und Umwandlung vorgebildeter Organismen, zu deren Ernährung und Wachsthum die Nähr- und Bildungsstoffe verwendet werden, während sie selbst die hüllhautlosen, zwar organischen aber nicht organisirten Pflanzenstoffe: wie Zucker, Oel, Harz etc. entweder bereiten und als Secrete abscheiden, oder durch Umbildung und Untergang ihrer selbst herstellen.

Der Zellkern ist es, der die Abscheidung des Festen aus dem Flüssigen vermittelt, durch die in seinem Verhalten zu Farbstofflösungen erkennbare Eigenschaft der Stoffspeicherung, der durch Intussusception wächst, der seine, durch Wachsthum ausgebildeten Theile: die Hüllhaut und die Kernstoffkörperchen, letztere in der Form von hüllhäutigen Körnchen oder in der von Saftbläschen verschiedener Art, an die Zelle abgiebt in mehreren aufeinanderfolgenden Generationen, während sein Kernkörperchen zum neuen Zellkerne, während ein centrales Kügelchen des Kernkörperchens zum neuen Kernkörperchen heranwächst; ein Vorgang, der eben so oft sich wiederholt als Hüllhaut und Kernstoffkörperchen vom fertig gebildeten Zellkerne sich trennen; Erstere und ein Theil Letzterer, Monophysalide und Makrophysalide bildend: zur Regeneration des Ptychodeschlauchs der Zelle, ein anderer Theil der Kernstoffkörperchen: zur Umbildung, im Ptychoderaume selbstständig sich nährender, wachsender, sich vermehrender und ihren Stoffgehalt in Chlorophyll, Stärke, Kleber oder Zellstoff umwandelnder Saftbläschen (Mikrophysalide, Brutbeutel).

A. Eigenschaften und Bestandtheile des ausgebildeten Zellkerns.

§. 7. Der Zellkern (Nucleus of the cell Rob. Brown, Cytoblastus Schleiden), ist ein im Ptychoderaume der Zelle lagernder, kugeliger oder ellipsoidischer, durch Pressung oft linsenförmiger Körper sehr verschiedener Grösse, meist nicht über 1/100‴ gross, oft viel kleiner, selten bis 1/15‴ messend (die ausgewachsenen Zellkerne im Endosperm der Kürbisse Taf. II, Fig. 10—12).

Schon durch seine in derselben Pflanze constante Form leicht in die Augen fallend, tritt der Zellkern dem Beobachter noch bestimmter entgegen durch seine Eigenschaft der Stoffspeicherung. Wenn man, selbst unverletzte, völlig geschlossene, aber nicht mehr lebensthätige Zellen in wässrige Farbstofflösungen legt (Karmin, Lakmus, Indigo, Tinte, Kupfervitriol, Curcumaetinctur), so färbt sich der Zellkern, und nur er allein, in kurzer Zeit nach und nach dunkler als die ihn umgebende Farbstofflösung, roth, blau, schwarz, grün, gelb, je nach Verschiedenheit der angewendeten Farbe. Da dies der Fall ist auch in kaum merklich gefärbten Lösungen, so darf man daraus folgern: dass der Zellkern sich zur Farbstofflösung verhält ähnlich einem Filtrirapparate; dass er grosse Mengen der ihn umgebenden Flüssigkeit in sich aufnimmt, durch sich hindurch gehen lässt und den in ihr gelösten Farbstoff zurück behält. Man darf ferner schliessen: dass der lebendige Zellkern zu denjenigen festen Stoffen sich in gleicher Weise verhalte, welche der ihn umspülende Ptychodesaft der Zelle in sich aufgelöst enthält, dass er daher das Organ sei, durch welches vorzugsweise die festen Stoffe des flüssigen Bildungssafts abgeschieden, umgebildet, condensirt und fixirt werden, daher ich ihn schon in meiner Schrift „Das Leben der Pflanzenzelle“ den Magen der Zelle nannte.

Damit will ich jedoch keineswegs gesagt haben, dass allein dem Zellkerne die Eigenschaft der Stoffspeicherung zustehe. Auch das Chlorophyll- und Kleberkorn, das Stärkemehl- und das Cellulosekorn wachsen noch nach ihrer Trennung vom Zellkerne durch Intussusception, vermehren sich noch im Ptychoderaume durch Selbsttheilung. Das Verhalten des Zellkerns zu Farbstofflösungen mag aber darauf hindeuten: dass in ihm die Intussusception in aussergewöhnlich gesteigertem Grade stattfinde, zur fortdauernden Bildung und Erneuerung der Keime aller übrigen von ihm ausscheidenden, hüllhäutigen Pflanzenkörper.

Man kann Wasseralgen, Charen, Lemneen, Hydrocharis, die Wurzeln der Hyacinthenzwiebel wochenlang in karminhaltigem Wasser wachsen lassen, ohne dass eine Färbung des Zellkerns eintritt; setzt man aber der Flüssigkeit einige Tropfen wässriger Jodlösung zu, oder erwärmt man die Karminlösung bis zu einem Grade, bei welchem die Pflanzenzellen getödtet werden, so färben sich die Zellkerne sofort karminroth. Die lebendige Pflanzenzelle hat aus ihrer Umgebung nur das Wasser aufgenommen, sie hat den vollständig gelösten Karmin zurückgelassen, es konnte daher eine Aufnahme desselben durch den Zellkern im Innern der Zelle nicht stattfinden; ist hingegen die Pflanzenzelle in ein oder der andern Weise getödtet worden, wenn auch materiell unverletzt und stofflich unverändert, so nimmt sie die umgebende Flüssigkeit auf, mit Allem was in ihr vollständig aufgelöst ist, die Farbstofflösung gelangt jetzt zum Zellkern und wird von diesem aufgespeichert. Eines in dieser Hinsicht eleganten Experiments mit den Staubfädenhaaren der Tradescantia virginica habe ich §. 27 gedacht.

Die Stoffspeicherung des Zellkerns ist nicht an dessen Leben gebunden, wie schon aus der fortdauernden Aufnahme gefärbter Pflanzengifte (Alizarintinte, Kupfervitriol etc.) hervorgeht, wie deren Fortdauer nach mehrstündigem Kochen der Zellkerne beweist, sondern sie ist eine physikalische Eigenschaft der Substanz des Zellkerns, vielleicht Folge eines überwiegenden Gehaltes an Stickstoffverbindungen, da auch das stickstoffreiche Klebermehl, thierisches Eiweiss und thierischer Leim diese Eigenschaften besitzen (aber auch die stickstofffreien Schleimschichten der Gummi-Traganth-Zellen und anderer schleimiger Zellwandungen).

Immer und unter allen Umständen im Ptychoderaume der Zelle lagernd, ist der Zellkern entweder ein wandständiger (Taf. II, Fig. 14), oder er wird dadurch ein centraler (Taf. II, Fig. 15, 19), dass er durch eine sackförmige Einstülpung des Ptychoderaumes in den Zellraum hineintritt (Taf. II, Fig. 24; Taf. III, Fig. 3, Fig. 25 a b). Wie es geschehe, dass er hier häufig wie die Spinne im Netze durch Fäden festgehalten wird, kann erst im Verfolg zur Erörterung kommen.

In seinem einfachsten Zustande besteht der Zellkern aus einer weichen bis wachsharten Hauptmasse: dem Kernstoff (Chlorogen), aus einer den Kernstoff einschliessenden Hüllhaut (Ptychoide) und aus dem in die Kernstoffmasse gebetteten Kernkörperchen (Nucleolus).

Der Kernstoff.

§. 8. Bildet stets die Hauptmasse des Zellkerns und erscheint meist als eine strukturlose, ineinandergeflossene Substanz, die, wenn sie auch mitunter bis zur Wachshärte erstarrt, doch nie so spröde und brüchig wird wie die verwandte Substanz des Klebermehls. Sie trägt im Wesentlichen die Charaktere stickstoffreicher Pflanzenstoffe, d. h. sie wird durch Jodlösung braun, durch salpetersaures Quecksilber roth gefärbt, unterscheidet sich aber vom Klebermehl durch ihre Unlöslichkeit (relative) in Wasser.

In sehr grossen Zellkernen, besonders aus der Flüssigkeit des Embryosackes der Leguminosen (Taf. I, Fig. 28—30), aus dem Endosperm der Cucurbitaceen (Taf. II, Fig. 9—12), sieht man den Kernstoff nicht als eine ineinandergeflossene Masse, sondern abgetheilt in zellenähnliche Portionen, die sich gegenseitig in polyedrische Formen gepresst haben. In anderen Fällen besteht die ganze Kernstoffmasse aus einer grossen Zahl sehr kleiner polyedrisch gepresster Kügelchen, theils farbenspeichernd, theils ohne diese Eigenschaft (Taf. I, Fig. 50—53; Taf. II, Fig. 37—39). An die Stelle dieser Kernstoffkörperchen, wie ich sie nennen will, treten in anderen Fällen bereits fertig gebildete Chlorophyllbläschen (Taf. II, Fig. 36; Taf. III, Fig. 1), oder Stärkemehl (Taf. III, Fig. 12, 23, 6), oder Klebermehl (Taf. IV, Fig. 1 a).

Es ist mir wahrscheinlich, dass auch da, wo der Kernstoff dem Auge des Beobachters als eine ungetrennte Masse erscheint, demohnerachtet eine Sonderung derselben in grössere oder kleinere Kernstoffkörperchen stattfindet, die sich nur der Beobachtung entzieht, theils in Folge geringerer Grösse der Zellkerne, theils in Folge grösserer Zartheit der die Kernstoffkörperchen einschliessenden Hüllhäute. Giebt es doch Complexe grosser Zellen, in denen, wie im Collenchym der Rinde, die wahren Scheidewände selbst auf Durchschnitten nur schwierig nachweisbar sind.

Die Gründe, die mich bestimmen, eine Theilung des Kernstoffs in gesonderte Kernstoffkörper allgemein und auch da anzunehmen, wo sie mikroskopisch nicht nachgewiesen werden können, beruhen auf der Entwickelungsweise des Kernstoffs aus dem Kernkörperchen und sind bei Betrachtung des Letzteren im §. 10 näher erörtert. Dass ein jedes dieser Kernstoffkörperchen von einer eigenen Hüllhaut schon im Zellkerne umgeben ist, lässt sich wenigstens in einem Falle, an den Zellkernen aus dem Endosperm der Cucurbitaceen (Taf. II, Fig. 12), direkt nachweisen, deren Kernstoffkörperchen so gross sind, dass sie sich durch Druck auf das Deckglas, selbst vermittelst der Präparirnadel isoliren und isolirt einer weiteren Behandlung mit Reagentien unterwerfen lassen. Ausserdem spricht für das Vorhandensein einer Hüllhaut nicht allein das gegenseitige Verhalten der Kernstoffkörperchen im Zellkerne und deren scharfe Begrenzung, sondern auch ihre Entstehungsweise aus dem Kernkörperchen (§. 10) und ihre Umbildung zu Saftbläschen §§. 12—14.

Nicht selten zeigt sich die Kernstoffmasse weder ineinandergeflossen noch körnig, sondern zusammengesetzt aus labyrinthisch ineinanderverschlungenen, wurmförmigen Körpern (Taf. I, Fig. 76*, Fig. 81). Wie es scheint, steht diese Bildung mit der Entwickelung der Kernstoffkörperchen zu den Cellulosekörnchen der Zellwand in Beziehung. Taf. I, Fig. 82 ist eine weitere Entwickelungsstufe von Fig. 81 aus den Zellen des 4″ hohen Stengelchens von Cucurbita Pepo, Schnitt dicht unter den Samenlappen. Das Kernkörperchen in Fig. 81 hat sich an Fig. 82 zu einem neuen Zellkerne entwickelt, und die wurmförmigen Körper liegen nun zwischen diesem und der Hüllhaut des ursprünglichen Zellkerns. Fig. 83 stellt dieselben wurmförmigen Körper aus dem Ptychoderaume derselben Zellen dar, eingeschlossen in die Haut eines Brutbeutels; Fig. 84 zeigt deren Vertheilung vom Zellkerne aus in den Ptychoderaum der Zelle.

Die Hüllhaut.

§. 9. Die äusserste Grenze des Zellkerns bildet eine wasserklare, äusserst zarte Hüllhaut, der die Eigenschaft der Farbenaufspeicherung nicht zusteht, die man daher schon am unverletzten Zellkern als einen zarten, ungefärbten Saum erkennt, wenn der Kernstoff durch Farbstoffe sich dunkel gefärbt hat (Taf. III, Fig. 18). Verwendet man hierzu eine schwache Karminlösung, so öffnet sich die Hüllhaut nach einiger Zeit mit einer kreisförmigen, scharf begrenzten Oeffnung, aus welcher die gefärbte, nicht flüssige aber weiche, elastische Kernstoffmasse mit den Kernkörperchen ausgestossen wird, wahrscheinlich in Folge eintretender Contraction der Hüllhaut, welche letztere dann als ein ungefärbtes, wasserklares Bläschen zurückbleibt, wie dies Taf. I, Fig. 60 aus

dem ausgepressten Safte des Keimsäckchens unreifer Bohnen, Erbsen, Linsen etc. zeigt. Ebendaselbst findet man andere Zellkerne, von deren Umfange ein doppelhäutiger, mit Körnchen und Bläschen erfüllter Schlauch sich abhebt (Taf. I, Fig. 54). Wird der gefärbte Kernstoff aus solchen Zellkernen ausgestossen, so behält er seine Kugelform (Fig. 56) und der von ihm verlassene Raum zeigt dann eine blassrothe Färbung. Seltner sieht man einen doppelhäutigen, mit farbenspeichernden Chlorogenkörpern erfüllten Hüllschlauch platzen und aus dem Spalt eine grosse, ungefärbte, nur ein oder einige gefärbte Kernkörperchen enthaltende Blase hervortreten (Fig. 57).

Wasser wirkt ebenso auf Entleerung der Hüllhäute wie Karminwasser, wogegen der geringste Zusatz von Jod oder von anderen Pflanzengiften die Erscheinung aufhebt!!

In noch anderen Fällen liegt die Hüllhaut auch im eigenen Pflanzensafte locker und faltenreich um die Kernstoffmasse und lässt sich dann ohne weitere Behandlung mit Reagentien erkennen. Es ist alsdann in der Regel zwischen Hüllhaut und Kernstoff eine granulirte Säftemasse ergossen, die bei Phaseolus durch Chlorophyllbläschen geringster Grösse grün gefärbt ist (Taf. I, Fig. 28—30, ferner aus Cucurbita Taf. II, Fig. 12, 13).

Die Hüllhaut des Zellkerns zeigt dasselbe Verhalten wie die Häute des Ptychodeschlauches und wie die Grenzhäute der Zellwand. Der Verfolg wird zeigen, dass sie eine aus der andern hervorgehen, dass die Hüllhaut des Zellkerns zur Aussenhaut (Ptychoide) des Ptychodeschlauchs sich erweitert und als solche zur äusseren Grenzhaut der Zellwandung wird.

Nicht alle Zellkerne zeigen das beschriebene Entleeren in Karminwasser; ich habe es bis jetzt nur an Zellkernen des Keimsäckchens, dort aber immer beobachtet, führe die Beobachtung daher nur als ein Hilfsmittel an, durch Isolirung der Hüllhaut diese selbst sich zur Anschauung zu bringen.

Das Kernkörperchen.

§. 10. In die Kernstoffmasse gebettet, enthält jeder Zellkern ein oder mehrere, durch scharfe Umrisse und Schlagschatten hervortretende Körper, die, wenn man aus den grossen Zellkernen des Keimsäckchens der Leguminosen (Taf. I, Fig. 28—30), des Endosperm der Cucurbitaceen (Taf. II, Fig. 9—13) auf das Allgemeine schliessen darf, zwischen den Kernstoffkörperchen gelagert sind und von diesen festgehalten werden. Chemische Reagentien verhalten sich zu den Kernkörperchen ebenso wie zu dem Kernstoff selbst, Farbstoffe ertheilen ihm aber stets eine bedeutend dunklere Farbe, und tritt es dadurch noch schärfer und bestimmter hervor als im natürlichen Pflanzensafte oder im Wasser liegend. In den Figuren der Tafeln I und II wird man das Kernkörperchen durch die dunkler rothe Färbung innerhalb der roth gefärbten Zellkerne überall leicht auffinden.

Das Kernkörperchen ist der embryonische Zellkern, zu dem es heranwächst, wenn und wo die Hüllhaut und der Kernstoff des Zellkerns sich entwickeln zu Schlauchhäuten und zu Saftbläschen. Daher sind die Zustände des Kernkörperchens in derselben Pflanze und in denselben Zellenarten nicht zu jeder Zeit dieselben, sondern verschieden in den verschiedenen Entwickelungsstufen zum Zellkerne. Taf. II, Fig. 4—13 giebt die Entwickelungsfolge des Kernkörperchens in den gigantischen Zellkernen des mit Endosperm erfüllten Theils im Keimsäckchen (Taf. II, Fig. 3) der Kürbisse. Ursprünglich ein scheinbar einfaches Kügelchen, erkennt man im Innern desselben häufig einen Schlagschatten (Fig. 4), der vielleicht einem centralen, mit Flüssigkeit erfüllten Raume sein Entstehen verdankt. In einem, wie mir scheint nachfolgenden Entwickelungszustande sah ich den Rand, im Umfange dieses inneren Raumes, durch radiale Furchen in eine Vielzahl von Abtheilungen getheilt, deren jede in noch anderen Fällen Kugelform erhält, wo dann auch der centrale Raum als Kügelchen erscheint (Fig. 5), so dass das Kernkörperchen jetzt zusammengesetzt ist aus einem centralen Globus, umgeben von einem Ringe gleichgebildeter peripherischer Globen. Obgleich die Umlagerung dem Auge stets als eine kranzförmige erscheint, beruht dies doch auf optischer Täuschung. In der Wirklichkeit ist der centrale Globus allseitig von peripherischen Globen umlagert, wie man leicht an isolirten, im Wasser flottirenden Zellkernen erkennt, deren Kernkörperchen in jeder Lage des Zellkerns kranzförmig erscheinen.

Dass das kranzförmige Kernkörperchen von einer eigenen Hüllhaut umgeben sei, lässt sich in einigen Fällen aussergewöhnlicher Grösse mit Bestimmtheit erkennen. So in den Zellkernen des Endosperm der Leguminosen (Taf. I, Fig. 29—33), im Endosperm der Cucurbitaceen (Taf. II, Fig. 9—13), und die Annahme ist wohl nicht zu gewagt, dass auch die von dieser gemeinschaftlichen Hüllhaut eingeschlossenen Körnchen hüllhäutige Körper seien. Nimmt man dies an, so erkennt man in dem zur Kranzform entwickelten Kernkörperchen den

jungen Zellkern, in der gemeinschaftlichen Hüllhaut des Kranzkörperchens: die Hüllhaut des künftigen Zellkerns, in den peripherischen Globen: die Kernstoffkörperchen, in dem centralen Globus: das Kernkörperchen des künftigen Zellkerns.

Wenn daher Taf. II, Fig. 6 im Umfange des Kranzkörperchens einen scheinbar ungetheilten, farbenspeichernden Ring erkennen lässt, so ist die Deutung wohl nicht verwerflich: dass in dieser, den Grössenverhältnissen nach, folgenden Entwickelungsstufe, die peripherischen Globen des Fig. 5 dargestellten Zustandes sich zu der ungetheilt erscheinenden Umhüllung des, aus dem centralen Globus entstandenen, neuen Kranzkörperchens der Fig. 6 entwickelt haben.

Das in dem jungen Zellkerne Fig. 6 eingeschlossene Kranzkörperchen hat sich in Fig. 7 bedeutend vergrössert, durch Umbildung eines grossen Theils seiner Globen in Saftbläschen, die in Fig. 8 über die Grenze der erweiterten Kernkörperchenmasse hinausgetreten sind, in Fig. 9 durch zunehmende Erweiterung innerhalb der gemeinschaftlichen Hüllhaut sich gegenseitig in polyedrische Formen gepresst haben. Der Inhalt dieser Saftbläschen ist jetzt erstarrt und hat die Eigenschaft der Farbenspeicherung erhalten, die er im Zustande Fig. 8 noch nicht besass. Die aus dem Kranzkörperchen hervorgetretenen Saftbläschen haben sich zu den Kernstoffkörperchen des Zellkerns umgebildet, während ein, aus dem centralen Globus neu gebildetes, Kernkörperchen zwischen ihnen gelagert ist (Fig. 9).

In grösseren Zellkernen zeigt dies Kernkörperchen häufig eine sehr ungewöhnliche, verästelte Erweiterung in die Intercellularräume der Kernstoffkörperchen hinein (Fig. 10) und es ist nicht unwahrscheinlich, dass die, in Fig. 11 zwischen den Kernstoffkörpern liegenden, getrennten Kernkörperchen durch Abschnürung aus dem schlauchförmigen, verästelten Kernkörperchen der Fig. 10 entstanden sind.

Es liegt in diesem allerdings sehr aussergewöhnlichen Verhalten des Kernkörperchens ein beachtenswerther Belag für die Ansicht, dass selbst dieses schon als ein für sich abgeschlossener, selbstthätiger Organismus betrachtet werden muss.

Fig. 12 zeigt einen ausgewachsenen Zellkern vorherrschender Bildung, entsprechend dem früheren Zustande Fig. 9, in welchem durch Lockerung der gemeinschaftlichen Hüllhaut die Kernstoffkörper in der Umgebung des Kernkörperchens theilweise aus ihrem Zusammenhange getreten sind und ihre polyedrisch gepresste Form in die Kugelform verändert haben. Ein Beweis für die hüllhäutige Natur der Kernstoffkörper.

In Fig. 13 sehen wir eine nicht selten vorkommende Modification des Zellkerns, indem jedes der Kernstoffkörperchen sich zu einem vollkommnen Zellkerne mit eigenem Kernkörperchen ausgebildet hat. Es steht diese Bildung wahrscheinlich in Beziehung zu Fig. 8, woselbst, im Innern der aus dem Kernkörperchen hervorwachsenden Saftbläschen, kernkörperähnliche Kügelchen bemerkbar sind. Die sehr eigenthümliche, schweifförmige, nach dem Mittelpunkte des Zellkerns gerichtete Verlängerung vieler Kernkörperchen deutet auf das Hervorwachsen dieser Tochter-Zellkerne aus dem centralen Kernkörperchen und führt zur Annahme: dass die bereits in Fig. 6 vorhandene Kernstoffmasse des jungen Zellkerns von den, aus den peripherischen Globen sich entwickelnden, Kernstoffkörperchen resorbirt werde.

Sehr bemerkenswerth ist es, dass wir hier, im Innern des Zellkerns, vom Kernkörperchen aus dieselben Entwickelungserscheinungen ins Leben treten sehen, die wir in den folgenden §§. kennen lernen werden als Entwickelungsvorgänge des Zellkerns zum Ptychodeschlauche, wie das schon der Vergleich der Figuren 9—12 mit 19—22 der zweiten Tafel, mit Fig. 1 und 2 der dritten Tafel ergiebt.

Man kann sich die hier vorgeführten Bilder sehr leicht zur natürlichen Anschauung bringen, wenn man den Samen, bis $^3/_4$ endlicher Grösse ausgewachsener Kürbisse am Rande so weit beschneidet, dass sich die beiden plattenförmigen Samenhälften auseinander nehmen lassen. Der Embryosack, wie ihn Taf. II, Fig. 3 darstellt, liegt dann frei in der Spitze einer der Samenhälften. Mit der Präpariernadel abgehoben und 24 Stunden unter Deckglas in Karmin aufbewahrt, liefert er die dargestellten Ansichten.

Nicht in allen Fällen entwickeln sich die peripherischen Globen des Kranzkörperchens zu Kernstoffkörperchen. Besonders da, wo schon im Innern des Zellkerns Chlorophyll (Taf. II, Fig. 36), Stärkemehl (Taf. III, Fig. 12 b) oder Klebermehl (Taf. IV, Fig. 1 a) entsteht, sieht man als Vorläufer dieser Bildungen häufig eine Diffusion der Globen eintreten und jeden einzelnen Globus zu einem neuen Kranzkörperchen sich ausbilden (Taf. I, Fig. 50, 51 aus der Flüssigkeit des Keimsäckchens unreifer Erbsen). Jedes dieser neuen Kranzkörperchen zerfällt dann wiederum in die einzelnen Globen. die wiederholt zu neuen Kranzkörpern sich ausbilden.

Wenn auf diesem Wege die Zahl der Kranzkörperchen im Verhältniss zum Zellkernraume eine sehr beträchtliche geworden ist, erkennt man um jedes derselben einen Ring, gleich Taf. II von Fig. 5 auf 6, der später durch gegenseitige Pressung polyedrische Form erhält (Taf. I, Fig. 52, 53; Taf. II, Fig. 37, 39; Taf. III, Fig. 39), und ich glaube nicht zu fehlen, wenn ich annehme, dass auf diesem Wege die Bildung einer grossen Zahl sehr kleiner, zellkernähnlicher Körper auf Kosten der Kernstoffmasse des Mutterzellkerns stattfindet, deren jeder weiterhin zur Bildungsstätte des Chlorophyll-, Stärke- oder Klebermehls wird.

Welches die, bei der Umbildung des centralen Globus zum Kranzkörperchen, stattfindenden inneren Vorgänge seien, darüber giebt das Kernkörperchen selbst keine weiteren Aufschlüsse. Wir stehen hier an der Grenze unserer Wahrnehmungsfähigkeit. Ob eine weitere Einschachtelung vorgebildeter Theile auch noch im centralen Globus stattfinde, die sich eben nur durch geringe Grösse und grosse Zartheit der constituirenden Theile unserer Wahrnehmung entzieht, oder ob der centrale Globus ein hüllhäutiger, von homogener Substanz erfüllter Körper sei, dessen moleculare Theile, erst im Verlauf der Fortbildung zum Kranzkörperchen, sich zu dessen Globen gruppiren; auf welchem Wege die in späteren Entwickelungsstufen unzweifelhaft hervortretenden, stofflichen Unterschiede zwischen Hüllhaut und Inhalt der Globen entstehen, im Innern eines festen, wenigstens gewiss nicht flüssigen Körpers, wie das einfache Kernkörperchen ist? Das sind Fragen, über die man wohl eine Ansicht aussprechen, aber keine direkten Belege beibringen kann. Wo die Kernkörperchen ungewöhnliche Grösse erreichen, da lässt sich in ihnen ein eingeschachteltes Kernkörperchen mit grosser Bestimmtheit erkennen, so z. B. im Endosperm der Leguminosen (Taf. I, Fig. 29—33). Ohne Zweifel muss es aber auch hier eine Grenze geben. Nur als eine Vermuthung wage ich auszusprechen: dass die Entwickelung des centralen Globus im Kranzkörperchen zu einem neuen Kranzkörperchen ein, der Regeneration des Ptychodeschlauches der Zelle analoger Vorgang sei; dass der centrale Globus von einer doppelhäutigen Hülle bekleidet sei, dessen innere Haut sich nach dem Centrum des Globus einstülpe, ungefähr in der Weise wie dies Taf. III, Fig. 3 (unten), Fig. 25 b zeigt; dass aus dieser Einstülpung ein neuer centraler Globus entstehe, von dem aus die peripherischen Globen durch Ausfaltung der Hüllhaut abgeschnürt und hüllhäutig begrenzt werden, etwa in der Weise, wie das Mehlkorn des Hafers (Taf. II, Fig. 51, 52) durch eine von innen nach aussen einschneidende Selbsttheilung sich vervielfältigt. Von dieser Annahme aus wäre der Gegensatz zwischen Hüllhaut und Inhalt des Globus ein ursprünglicher, nicht erst in ihm entstehender.

Ausnahmen von der hier geschilderten Bildung des Zellkerns habe ich bis jetzt nur in den innersten Endospermzellen des Samenkorns von Fraxinus (lentiscifolia) gefunden, zur Zeit wenn erst wenige Zellenschichten desselben sich ausgebildet haben (erste Hälfte des Septembers). Der theils centralen, theils wandständigen Stellung des Zellkerns durchaus entsprechend, finde ich hier kugelige Ballen eines Stoffes, an dem ich weder Hüllhaut noch Kernkörperchen erkennen kann, der weder von Karmin, noch von Jod, noch von Quecksilber dauernd gefärbt wird und am meisten an die Weisskerne von Vitis, Bertholetia etc. erinnert, der aber nur die Consistenz dickflüssiger Oeltropfen besitzt, die jedoch nicht, wie letzere, untereinander verschmelzen, wenn sie mit anderen Tropfen in Berührung treten. Etwas dem Aehnliches fand ich in den Zellen des Stengels von Tulipa Gesneriana vor der Blüthe.

B. Die Physalide des Zellkerns.

§. 11. Die Veränderungen, welche der fertig gebildete, aus einer Hüllhaut, aus den Kernstoffkörperchen und aus dem Kernkörperchen zusammengesetzte Zellkern erleidet, bestehen im Wesentlichen darin: dass, während aus dem Kernkörperchen ein neuer Zellkern heranwächst, die Kernstoffkörperchen, entweder sämmtlich oder theilweise, durch Säfteaufsaugung zu Saftbläschen (Physalide) sich umbilden. Durch die überwiegende Volumerweiterung eines einzelnen dieser Saftbläschen (Monophysalid Taf. I, Fig. 18—15, Fig. 58, 59), oder durch die gleichzeitige Volumerweiterung einer Mehrzahl derselben (Taf. I, Fig. 21, Fig. 64, 65, Makrophysalide), wird dann die Hüllhaut des Zellkerns von der noch nicht zu Saftbläschen umgebildeten Kernstoffmasse des Zellkerns abgedrängt und nach Bedarf erweitert, während der zwischen Kernstoff und Hüllhaut entstandene Raum sich mit einer getrübten, aber ungefärbten Flüssigkeit füllt, die nur durch Aufsaugung der Säfte des Ptychoderaums, in welchem der Zellkern lagert, hierher gelangen kann. In diesen, von der erweiterten Hüllhaut des Zellkerns aufgesogenen Ptychodesaft, vertheilen sich dann andere, von der jetzt nackten Kernstoffmasse sich ablösende, Kernstoffkörperchen und behalten hier entweder ihre körnige Bildung, indem sie, häufig

unter fortgesetzter Selbsttheilung, zu Chlorophyll-, Stärkemehl-, Klebermehl-, Cellulosekörnern sich umbilden (Taf. III, Fig. 2, 10, 12 b c), oder sie verwandeln sich ebenfalls in kleinere Saftbläschen (Mikrophysalide Taf. I, Fig. 15—18; Taf. III, Fig. 2, 7), die einer gleichen Umbildung unterworfen sind.

1. Der Monophysalid (Einzel-Saftbläschen).

§. 12. Während alle übrigen Theile des Kernstoffs in ihrer gegenseitigen Lage und Verbindung bleiben, entwickelt sich ein einzelnes, am Rande des Zellkerns liegendes Kernstoffkörperchen, ohne die Hüllhaut desselben zu durchbrechen, nach und nach, durch Säfteeinsaugung, zu einer den Zellkern selbst um das Vielfache übersteigenden Grösse (Taf. I, Fig. 18—15, Fig. 58, 59; Taf. II, Fig. 35). Die unzerstörte Hüllhaut des Zellkerns erweitert sich hierbei, in dem Maasse als der Monophysalid sich vergrössert, zu einer, diesem und dem Reste der Kernstoffmasse selbst, gemeinschaftlichen Aussenhaut (Ptychoide). Dadurch entsteht ein doppelhäutiger, die Reste des Zellkerns einschliessender Schlauch, dessen Innenhaut dem Monophysalid angehört, dessen Aussenhaut die ursprüngliche, erweiterte Hüllhaut des Zellkerns ist.

Auf diesem Wege entsteht aus dem Zellkerne der Ptychodeschlauch, wenn der Monophysalid bis zu der Grösse herangewachsen ist, die der gesetzlichen Grösse der aus ihm entstehenden Zellwand entspricht, oder in der er den Raum einer bereits vorgebildeten Zellwand ausfüllt.

Auf diesem Wege der Schlauchbildung muss die Stellung des Zellkerns stets eine wandständige werden, auch dann, wenn sie vorher eine centrale war (Taf. I, Fig. 22—24).

Der Monophysalid vergrössert sich durch Wassereinsaugung aus der ihn umgebenden Flüssigkeit. Diese Saugkraft, fortdauernd auch dann noch, wenn der dadurch gebildete Ptychodeschlauch den Zellraum ausfüllt, erklärt den innigen Anschluss des Schlauches an die Zellwand, erklärt das kräftige, selbst mit Zerreissung der Anheftungsstellen verbundene Zusammenziehen des an sich contractilen Schlauches, wenn durch die Wirkung von Pflanzengiften die Saugkraft und somit die Turgescenz des Schlauches aufgehoben wird; erklärt das Eindrängen nachgebildeter Ptychodeschläuche in vorgebildete Tipfelkanäle der Zellwandung wenigstens bildlich, ebenso wie die Annahme endosmotischer Kraft, als Ursache der Aufsaugung, nur als ein Bild betrachtet werden darf.

Mit der Erweiterung des Monophysalides und der Hüllhaut des Zellkerns zum Ptychodeschlauche verlieren alle übrigen Kernstoffkörper des jetzt nackten Zellkerns ihre gegenseitige Verbindung (Taf. II, Fig. 39 Lupinus) und vertheilen sich in dem neu entstandenen Ptychoderaume (Taf. I, Fig. 59, 15, 16), woselbst sie, entweder ohne Veränderung ihrer ursprünglichen Körnerform, oder nachdem sie sich zu Saftbläschen (Mikrophysalide) umgebildet haben, die Bildungsstätte für den Zellstoff, das Chlorophyll, das Stärkemehl oder Klebermehl werden.

2. Die Mikrophysalide (Klein-Saftbläschen).

§. 13. Wir haben gesehen: dass der Kernstoff des Zellkerns in vielen Fällen eine Sonderung in viele kleine, durch gegenseitigen Druck polyedrische Körpertheile deutlich erkennen lasse (Taf. I, Fig. 52, 53, 30; Taf. II, Fig. 10—12, 37—39), ehe noch der Zellkern selbst seine normale Form, Grösse und Bildung verliert. Die gleiche Form und Grösse, so wie die polyedrische Pressung dieser Körpertheile lässt auf ihre Begrenzung durch eine Hüllhaut schliessen, wenn diese selbst auch nicht nachweisbar ist. Ursprünglich farbenspeichernd und in Wasser unlöslich, also aus Chlorogen bestehend, verlieren die Kernstoffkörper, oft ohne Grösseveränderung, ihre Eigenschaft der Farbenaufspeicherung und gehen in den Ptychoderaum über (Taf. II, Fig. 27—31), während die Kernkörperchen sich zu neuen Zellkernen ausbilden. Diese Kernstoffkörperchen bleiben entweder farblos und werden nach und nach durch die zu Zellen sich entwickelnden Zellkerne resorbirt (Taf. II, Fig. 30—33), oder sie verwandeln sich noch innerhalb des kugeligen Zellkerns zu Chlorophyllbläschen (Taf. II, Fig. 36; Taf. III, Fig. 1), oder zu Stärkemehl (Taf. III, Fig. 2, 12 b), oder zu Klebermehl (Taf. IV, Fig. 1 a b). Die Hüllhaut des ursprünglichen Zellkerns schliesst dann alle diese Gebilde schlauchartig ein.

In anderen Fällen erfolgt die Umwandlung der Kernstoffkörper nicht gleichzeitig, sondern nur am Rande des Zellkerns, über den die zu Bläschen umgewandelten Kernstoffkörper hier und da hinaustreten (Taf. I, Fig. 15, 16; Taf. II, Fig. 12, 34, 37). Nur selten geschieht dies nicht in der Form von Bläschen, sondern in der von Körnern (Taf. II, Fig. 38).

Diese Umbildung der Kernstoffkörper zu Saftbläschen (Mikrophysalide) geschieht in der Weise, dass im Innern des Körnchens ein mit wasserklarer Flüssigkeit erfüllter Raum entsteht, der sich allmählig vergrössert und die feste Masse des Chlorogen nach der sich erweiternden Hüllhaut drängt. Ich glaube annehmen zu dürfen: dass dieser Innenraum von einer Hüllhaut begrenzt sei, dass es auch hier ein Monophysalid sei, der die farblose Flüssigkeit des Innenraums umschliesst und mit der ursprünglichen Hüllhaut des Chlorogenkörperchens einen Ptychoderaum bildet, in welchem die Chlorogenmasse abgeschlossen ist, theils gleichmässig und zusammengeflossen, theils in Körnchen und Ballen gesondert, die entweder hier immer Chlorogen bleiben, oder sich in Chlorophyllkörnchen und durch diese zu componirtem Stärkemehl oder Klebermehl ausbilden (Taf. III, Fig. 7—9; Taf. IV, Fig. 13). Erleiden die im Ptychoderaume des Mikrophysalid liegenden Körnchen eine fortgesetzte Selbsttheilung in einer der Entwickelung des Kernkörperchens mehr oder weniger ähnlichen Weise, so geht daraus das hervor, was ich den Brutbeutel genannt habe (S. Entstehung und Vermehrung des Klebermehls. Taf. IV, Fig. 22 a—f. Bot. Zeitung 1855, S. 411. Taf. IV, Fig. II 1—11).

Die Gründe, welche mich bestimmen, den Innenraum der Saftbläschen herzuleiten aus der Entwickelung eines hüllhäutigen Bläschens im Innern des Kernstoffkörperchens, ähnlich der Entwickelung des Ptychodeschlauchs aus dem Zellkerne durch Monophysalidebildung, ist die scharflinige Sonderung des gefärbten (Taf. III, Fig. 8) oder farbenspeichernden Inhaltes (Taf. II, Fig. 12) von der wasserklaren Flüssigkeit des Innenraums. Jene gefärbten Körper sind ohne Zweifel fester, körniger Natur und es ist nicht einzusehen, wie ihre freie Anlagerung an die innere Fläche der äusseren Hüllhaut eine so scharfe Umschreibung des Innenraums ergeben könnte, wie diese in der That stets sich zeigt. Der Ausgleichung jener Unebenheiten, allein durch eine protoblasmatische Flüssigkeit, stehen dieselben physikalischen Gründe entgegen, die ich weiterhin bei Schilderung des Ptychodeschlauches (§. 32) darlegen werde. Meiner ganzen Auffassung nach ist das Saftbläschen ein nackter Ptychodeschlauch im Kleinen. Einen anderen wichtigen Grund geben mir die grossen, stärkemehlhaltigen Saftbläschen einiger Conferven (Spirogyra, Cladophora, Conferva), deren äussere Hüllhaut sich häufig auflöst, wenn die Saftbläschen aus der zerschnittenen Zelle in das Wasser des Objectträgers treten. Dadurch wird dann der grüne, körnige Stoff und das Stärkemehlkorn frei und löst sich theilweise von der Aussenfläche einer, nun deutlich erkennbaren, inneren Haut, die nach wie vor den wasserklaren Inhalt des Saftbläschens einschliesst. Ich habe nachgewiesen, dass die nackten Ptychodeschläuche im Fruchtsafte reifer Beeren von Solanum, Paris, Atropa ganz gleiches Verhalten zeigen (Leben der Pflanzenzelle Taf. I, Fig. 1—9). Endlich sind mir auch die, in den Entwickelungsfolgen näher nachgewiesenen, mannigfaltigen Analogien von Bedeutung, die zwischen Kernstoffkörper, Kranzkörper (des Klebermehls) und Kernkörperchen stattfinden, wie ich dann auch das Vorhandensein einer inneren Hüllhaut an, aus Saftbläschen entstandenem, Stärkemehl und Klebermehl in vielen Fällen mit grosser Bestimmtheit nachweisen werde.

Die Mikrophysalide, nachdem sie sich vom Zellkern losgelöst haben, verbreiten sich unmittelbar im Ptychoderaume, wenn der Zellkern ein wandständiger ist und verwandeln sich dort zu Chlorophyll, Stärkemehl, Klebermehl (Taf. I, Fig. 15, 16, 23—25), oder sie gelangen, vom Zellkern aus, durch Ptychodekanäle in den Ptychoderaum, wenn der Zellkern eine centrale Stellung einnimmt (Taf. I, Fig. 22; Taf. II, Fig. 19, 23; Taf. III, Fig. 1—3). Ihr Fortrücken im Innern dieser Kanäle lässt sich da sehr sicher beobachten, wo der Ptychodesaft eine strömende Bewegung besitzt, wie in den grossen Zellen des Perisperm der Cucurbitaceen (Taf. II, Fig. 23, woselbst a b c das Fortrücken zweier Körnchen in ein und demselben Kanale andeutet), im Fruchtfleische derselben (Taf. III, Fig. 2), in den grossen Zellen des Fruchtfleisches der Pflaumen, in den Knollen von Ranunculus Ficaria (April) etc.

Ich beschränke den Begriff von Mikrophysalid auf diejenigen Saftbläschen, die im Ptychoderaume, oft auch schon im Zellkerne, zu Trägern des Chlorophyll, des Stärke- und Klebermehls werden, oder unter sich zur Cellulosesubstanz des Astathebandes verwachsen, und unterscheide von ihnen die Makrophysalide.

Nicht jedes Kernstoffkörperchen wird zum Saftbläschen. Viele derselben beharren für immer im körnigen Zustande und erleiden in diesem die stofflichen Veränderungen zu Chlorophyll, Stärkemehl, Klebermehl.

3. Die Makrophysalide (Gross-Saftbläschen).

§. 14. In gewissen Fällen klären sich sämmtliche Chlorogenkörper des Kernstoffs, unter Erweiterung der Hüllhaut des Zellkerns, gleichzeitig zu farblosen Mikrophysaliden, während das Kernkörperchen rasch zu einem neuen Zellkerne sich ausbildet (Taf. I, Fig. 19, 20, 54, Fig. 61—63).

Im neuen Zellkerne entwickeln sich darauf eine Mehrzahl am Rande liegender Chlorogenkörper zu farblosen Physaliden (Taf. I, Fig. 64, 65; Taf. III, Fig. 4—6), die dann über die Aussenfläche des neuen Zellkerns sich erheben und, im Raume zwischen letzterem und der Hüllhaut des alten Zellkerns sich vergrössernd und aneinanderlegend, ein zarthäutiges Zellgewebe bilden, durch welches die, aus dem Kernstoff des alten Zellkerns stammenden, Mikrophysalide in die Intercellularräume dieses Zellgewebes, nach dem neuen Zellkern und der Hüllhaut hin, verdrängt werden.

Die Figuren Taf. I, Fig. 21, 64, 65, 55; Taf. II, Fig. 21, 22; Taf. III, Fig. 4—6 sind streng der Natur nachgezeichnet. In Taf. I, Fig. 65 ist die äussere Hüllhaut unter dem Drucke des Deckglases geplatzt und der neue Zellkern mit den an ihm noch haftenden Makrophysaliden entblösst.

Die, in den eben genannten Fällen der Beobachtung, unzweifelhaft als zarthäutige Bläschen sich zu erkennen gebenden Makrophysalide schaffen in ihren sich gegenseitig berührenden Wänden so treu das Bild der sogenannten Schleimfäden, die man in ausgebildeten Zellen den Beutel des centralen Zellkerns mit dem Ptychodeschlauche verbinden sieht (Taf. III, Fig. 2), dass ich mich zur Aufstellung folgender Hypothese berechtigt glaube.

Nachdem die Makrophysalide im ganzen Umfange des neuen Zellkerns sich entwickelt und eine Grösse erreicht haben, bei der eine gegenseitige Pressung eingetreten ist, nachdem die, mitunter schon zu Chlorophyllbläschen umgebildeten, Mikrophysalide zum Theil nach der Hüllhaut, zum Theil nach dem Zellkerne hin verdrängt sind, theilweise noch in den Intercellularräumen lagern (Taf. I, Fig. 21), werden diejenigen Wände der Makrophysalide resorbirt, die sich unmittelbar berühren, wogegen alle nicht mit einer Nachbarhaut in Berührung stehenden Makrophysalidehäute untereinander verwachsen.

Auf diesem Wege würden entstehen:

1. Eine den centralen Zellkern und die zu ihm hingedrängten Mikrophysalide einschliessende Schlauchhaut (Zellkernbeutel) aus den, dem Zellkern zugewendeten, freien Häuten der Makrophysalide.

2. Eine Schlauchhaut, von welcher die nach der Hüllhaut hingedrängten Makrophysalide abgeschlossen sind, erwachsen aus der Summe aller, der erweiterten Hüllhaut des Zellkerns zugewendeten, freien Makrophysalidehäute, letztere die Ptychode, erstere die Ptychoide des auf diesem Wege entstandenen Ptychodeschlauches bildend.

3. Schlauchförmige, zarte Kanäle, entstanden aus den verwachsenen, die Intercellularräume begrenzenden Makrophysalidehäuten, einerseits in den Raum des Zellkernbeutels, andererseits in den des Ptychodeschlauches frei ausmündend, so dass der strömende Ptychodesaft und mit ihm die Mikrophysalide, unter Umständen selbst der Zellkern, aus dem centralen Zellkernbeutel durch diese Kanäle in den Ptychoderaum, und aus letzterem zurück, in den Zellkernbeutel gelangen können.

Freilich entzieht sich dieser Vorgang der direkten Beobachtung, es fehlen aber dem Zellenleben keineswegs demselben analoge, der unmittelbaren Wahrnehmung zugängliche Erscheinungen. Ueberall, wo in Zellen wirkliche Durchbrechung der Wandung stattfindet, zwischen den einzelnen Gliedern der Holz- und Siebröhren, in den Zellen der Torfmoose, zwischen den Gliedern der copulirten Algenfäden und zwischen den Siebröhren der Acerineen, entsteht das Loch durch eine, mit Verwachsung der Ränder verbundene, Resorbtion früher völlig geschlossener Wandungsflächen.

Gewiss ist soviel: dass Ansichten, wie sie Taf. II, Fig. 21 streng wiedergiebt, in denen die Bläschennatur der mit wasserklarem Safte erfüllten Räume unverkennbar ist, in Nachbarzellen gleicher Art sehr allmählig übergehen zu solchen, wie sie Taf. II, Fig. 23 darstellt, in welchen eben so unverkennbar die sogenannten Schleimfäden geschlossene Kanäle sind.

Durch die Resorbtion aller sich berührenden Makrophysalidewände hat sich in dem, nun zur Zelle ausgebildeten, Zellkerne ein gemeinschaftlicher Innenraum der Zelle wieder hergestellt, dessen Zellsaft gleich dem der Makrophysalide sein wird.

Taf. I, Fig. 19—24 zeigt den diese Ansichten belegenden Entwickelungsverlauf eines Zellkerns aus dem Keimsäckchen der Lupine. Im Zellkern Fig. 19 hat sich um das Kernkörperchen bereits ein lichter Ring gebildet, wie wir gesehen haben in Folge einer bereits begonnenen Entwickeluug desselben zu einem neuen Zellkerne. Der Kernstoff, obgleich noch lebhaft farbenspeichernd, zeigt sich doch schon deutlich granulirt.

Fig. 20 tritt der neue Zellkern und die Sonderung des Kernstoffs in Chlorogen-Physalide deutlicher her-

vor. Während letztere zu Chlorophyll-Physaliden sich ausbilden, entstehen am Rande des Zellkerns die Makrophysalide in der Fig. 64, 65 nachgewiesenen Weise.

Fig. 21 sieht man die mit wasserklarem Safte gefüllten Makrophysalide unter sich, wie von der Hüllhaut und dem Zellkern, noch getrennt durch die grünen, Chlorophyll führenden Mikrophysalide.

Dasselbe zeigt Fig. 22. Durch die bis zur gegenseitigen Pressung herangewachsenen Makrophysalide sind aber die grünen Mikrophysalide theils nach dem Zellkern, theils nach der Hüllhaut hin verdrängt und nur hier und da zeigen sich noch einzelne, grüne Körnchen zwischen den Makrophysaliden. Durch den Druck, welchen letztere auch auf die Mikrophysalide ausüben, erscheinen diese nicht mehr als Bläschen. Zusammengedrückt erkennt man nur die Körnerform der in ihnen abgelagerten Chlorophyllpartikel. Oeffnet man aber solche Zellkerne durch Druck auf das Deckglas, so stellt sich auch sofort die Taf. II, Fig. 36, 12 gezeichnete Bläschenform wieder her.

In diesem oder in einem nahe stehenden Entwickelungszustande tritt die Resorbtion der sich berührenden Makrophysalide-Wände und die Verwachsung der nicht resorbirten Hautflächen zu Zellkernbeutel, Ptychodeschlauch und Intracellularkanälen ein.

Fig. 23 zeigt die Umwandlung des Ptychodeschlauches zur ersten Zellwand, bestehend aus den beiden Schlauchhäuten, als äusserste und innerste Grenze und aus den Ablagerungsschichten zwischen den beiden Häuten, aus dem Inhalte des Ptychodeschlauches entstanden. Der Zellkern hat einen Monophysalid und durch ihn einen neuen Ptychodeschlauch mit neuen, grünen Mikrophysaliden gebildet, der, bis zur Grösse des Zellraumes herangewachsen, sich den Zellwänden dicht anlegend, in Fig. 24 ein wenig contrahirt dargestellt ist, um seine in den Tipfelstellen stattfindende Anheftung an die Zellwand zu zeigen.

Wie es scheint, findet eine Verwachsung des Zellkernbeutels mit der Ptychoide des neuen Ptychodeschlauches statt, der zu Folge es nach wie vor die Intracellularkanäle des ersten Ptychodeschlauches sein würden, durch welche der zweite Ptychodeschlauch der Zellwand in den Tipfelstellen angeheftet ist.

Eine etwas abweichende Entwickelungsfolge habe ich in den Figuren 42—49 Taf. I, ebenfalls aus dem Keimsäckchen von Lupinus gezeichnet, abweichend insofern, als hier (Fig. 43) eine Diffusion der peripherischen Globen des Kranzkörperchens (in Fig. 42) eintritt, aus deren jedem ein Makrophysalid erwächst (Fig. 44, 45), während der centrale Globus zum neuen Zellkern sich ausbildet, der hier aber seine centrale Stellung beibehält (Fig. 45, 46), ein zweitesmal zur Diffusion der peripherischen Globen und zur Makrophysalidenbildung gelangt (Fig. 47), während aus dem centralen Globus des zweiten Kernkörperchens ein dritter Zellkern (Fig. 48, 49) erwächst; abweichend also vorzugsweise darin, dass hier der Zellkern stets seine centrale Stellung beibehält. Dass der sich stets aus dem centralen Globus regenerirende Zellkern mitunter eine noch weit grössere Zahl von Ptychodeschläuchen um sich entwickelt, habe ich Taf. IV, Fig. 5 b c mit Beispielen belegt.

Besonders instruktiv in Bezug auf die Bildung der Makrophysalide ist die Zelle aus dem Fruchtfleische reifer Kürbisse, entnommen den isolirten Faserbündeln in der nächsten Umgebung der Samenkörner. Die Zellen bilden hier Reihen, in denen sie durch nur schmale Verbindungsstellen miteinander verwachsen sind, wie dies Taf. III, Fig. 3 zeigt (eine Art sternförmigen Zellgewebes). Diese Zellen lassen sich daher in Strängen, ohne alle Verletzung, wie Gliederalgen unter das Mikroskop bringen und der Beobachtung unterwerfen.

In Taf. III, Fig. 3 sehen wir eine solche Zelle, deren Zellwand der doppelhäutige Ptychodeschlauch angelagert ist. Im Raume zwischen den beiden Schlauchhäuten lagern grüne Mikrophysalide, in der oberen Weitung des Raumes liegt ausser diesen der grosse Zellkern mit drei Kranzkörperchen. Die Figuren 4, 5 und 6 stellen dieselbe Weitung des Ptychoderaums aus anderen benachbarten Zellen dar, In Fig. 4 sieht man farblose Bläschen am Rande des Zellkerns entstehen, sich von diesem ablösen und zwischen die grünen Mikrophysalide treten. In Fig. 5 sind diese farblosen Bläschen zu bedeutender Grösse herangewachsen und haben sich concentrisch um den Zellkern geordnet, die grünen Physalide zwischen sich mehr und mehr verdrängend. In Fig. 6 endlich haben die Makrophysalide alle Mikrophysalide zwischen sich und der inneren Ptychodehaut verdrängt und hat hier, wahrscheinlich schon jetzt, eine Resorbtion der unmittelbar sich berührenden Makrophysalidehäute und eine Verwachsung der freien Wände unter sich zu Zellkernbeutel und Intracellularkanälen stattgefunden.

Der Entwickelungsverlauf ist hier von dem im Vorhergehenden Geschilderten insofern abweichend, als durch die Makrophysalide kein äusserer Ptychoderaum, sondern nur ein Zellkernbeutel und Intracellularkanäle gebildet werden. Letztere sind aber aufs Deutlichste mit der Ptychode verwachsen, treten sogar in kleinen

Tuberkeln über die Grenze derselben hinaus. Es mag diese Abweichung wohl mit dem Umstande in Verbindung stehen, dass hier eine Regeneration des Ptychodeschlauchs nicht mehr eintritt.

Der Raumersparniss wegen habe ich in dieselbe Zelle, entnommen aus einer anderen Zelle gleicher Art, den Fall gezeichnet, in welchem der Zellkern, in einer Einstülpung des Ptychoderaumes liegend, Makrophysalide in seinem ganzen Umfange zwischen den hier ungefärbten Mikrophysaliden entwickelt hat. Denkt man sich diese Makrophysalide erweitert bis zur Ausfüllung des Raumes der ganzen Zelle, den gegenwärtig vorhandenen Ptychodeschlauch und dessen Inhalt zu einem zweiten Schichtungscomplex der Zellwandung umgebildet, also als Ptychodeschlauch verschwunden, so würde daraus eine Bildung hervorgehen, ähnlich dem System der Intracellularkanäle und dem Ptychodeschlauche in den nebenstehenden Figuren 1 und 2.

C. Verjüngung und Vermehrung des Zellkerns.

§. 15. Der Zellkern entsteht nicht freithätig, sondern er verjüngt oder er vermehrt sich. Nie und nirgends entstehen Zellkerne aus formloser Materie, aus schleimigen oder protoblasmatischen Stoffen, durch freie Abscheidung des Festen aus dem Flüssigen, des Gestalteten aus dem Gestaltlosen. Was man, auf einen solchen Vorgang hindeutend, vielfach gesehen und abgebildet hat, sind nicht Zustände des Werdens, sondern Zustände der Diffusion des Kernstoffs bereits fertig ausgebildeter Zellkerne.

Der erste Zellkern einer jeden Pflanze entstammt ihrer Mutterpflanze und alle Zellkerne derselben Pflanze, so unzählbar gross deren Menge ist, sind Nachkommen dieses ersten Zellkerns.

Ich unterscheide zunächst die Verjüngung des Zellkerns von dessen wirklicher Vervielfältigung.

1. Die Verjüngung.

§. 16. Sie geschieht allein im Dienste der Zelle welcher der Zellkern angehört, und besteht in der Ausbildung des Kernkörperchens zu einem neuen Zellkerne, wenn und wo die Hüllhaut und die Kernstoffkörperchen des fertigen Zellkerns verwendet wurden, auf die Bildung eines Ptychodeschlauchs und dessen Gehalt an körnigen und bläschenförmigen Körpern.

Bereits §. 10 habe ich gezeigt, wie aus dem ursprünglich einfachen Kernkörperchen das Kranzkörperchen entstehe; ich habe ferner nachgewiesen, dass unter gewissen Voraussetzungen das Kranzkörperchen als ein in seinen Bestandtheilen bereits fertiger, embryonischer Zellkern betrachtet werden müsse, und dass es nur einer Vergrösserung aller vorgebildeten Theile bedürfe, um den Zellkern aus ihm herzustellen.

Es sind die Entwickelungsfolgen Taf. I, Fig. 19—24, Fig. 42—49 aus Lupinus, welche zur Erläuterung der Zellkern-Regeneration dienen. Ich habe über diese Abbildungen bereits §. 14 die nöthigen Erklärungen gegeben und komme darauf in den §§. 55, 62 wieder zurück.

Eine etwas abweichende Art der Zellkernverjüngung zeigt die Entwickelungsfolge der Endospermzellen von Clematis Taf. II, Fig. 27—33. Nachdem das ursprünglich einfache Kernkörperchen eine Dreitheilung erlitten, nachdem jeder dieser drei Theile zu einem Kranzkörperchen sich ausgebildet hat (27), lösen sich sämmtliche Kernstoffkörperchen des übrigens unveränderten Zellkerns nach und nach zu farblosen Saftbläschen auf, wie sich dies aus dem Verlust ihrer Farbenspeicherung zu erkennen giebt (28, 29). Während dieses Vorganges hat sich jedes der drei Kranzkörperchen zu einem neuen Zellkerne, der centrale Globus hat sich zu einem neuen Kranzkörperchen ausgebildet (30). Bis hierher ist die Zellkernverjüngung dem Obigen entsprechend. In Fig. 31 ist aus jedem Zellkerne eine nackte Ptychodezelle mit sehr kleinem, centralem Zellkerne entstanden. Die Figuren sind nach gleichem Maassstabe gezeichnet. Es scheint daher aus den Grösseverhältnissen zwischen dem Kranzkörperchen in Fig. 30 und dem Zellkerne in Fig. 31, hervorzugehen: dass der neue Zellkern hier aus dem centralen Globus entstanden ist, während die peripherischen Globen, gleichzeitig mit den Kernstoffkörperchen des Zellkerns zum Ptychodeschlauche und dessen Inhalte sich entwickelten.

Die Verjüngung des Zellkerns wiederholt sich in jeder Zelle mindestens dreimal. In der §. 14 geschilderten, Taf. I, Fig. 19—24, Fig. 42—49 dargestellten Weise bildet der erste Zellkern den ersten Ptychodeschlauch und aus diesem die erste Zellwand; der zweite Zellkern bildet den zweiten Ptychodeschlauch, die dritte Regeneration des Zellkerns ist die bleibende. In allen ächten Holz- und Bastfasern, wie in einigen anderen,

§§. 34—39 bezeichneten Fällen bildet der dritte Zellkern einen dritten Ptychodeschlauch und regenerirt sich zu einem vierten Zellkerne, während der zweite Ptychodeschlauch sich zu einer zweiten Zellwand umbildet. In einigen sehr dickwandigen Bastfasern wiederholt sich dies sogar noch öfter, bis nahe zur Ausfüllung des Innenraums der Zelle.

2. Die Vermehrung.

§. 17. Die Vermehrung des Zellkerns ist in allen Fällen eine auf Selbsttheilung beruhende, im Dienste nicht der eigenen Zelle, sondern der Zellenmehrung und des Pflanzenwachsthums. Der sich theilende Körper ist entweder nur das Kernkörperchen oder der ganze Zellkern. Im ersten Falle bildet sich jedes der Theilkörperchen zu einem neuen Zellkerne aus, während Kernstoff und Hüllhaut des alten Zellkerns aufgelöst und resorbirt werden, die Hüllhaut des alten Zellkerns häufig noch einige Zeit den neuen Zellkernen und den aus ihnen sich entwickelnden Ptychodeschläuchen und Zellen zur gemeinschaftlichen Cuticula wird (Taf. I, Fig. 34—41; Taf. II, Fig. 27—33); oder es ist der ganze Zellkern, der sich in zwei oder mehrere, gleichwerthige Portionen theilt, nachdem dieser, durch eine Bildung von Scheidewänden vermittelten, Theilung eine ihr entsprechende Theilung und Vertheilung der Kernkörperchen vorhergegangen ist (Taf. I, Fig. 24, 25; Taf. II, Fig. 16—18, 23, 33, Fig. 24—26; Taf. III, Fig. 39).

a) Die Zellkernmehrung durch Kernkörperchentheilung.

§. 18. Ich verstehe darunter nur diejenigen Fälle, in denen der Kernstoff und die Hüllhaut des Zellkerns keinen Antheil an der Theilung nehmen, sondern ungetrennt verflüssigt und resorbirt werden. Sie beschränkt sich, so viel ich weiss, auf den Ptychoderaum des Keimsäckchens, woselbst auf diesem Wege die mit Zellkernen erfüllten Brutbeutel (Taf. I, Fig. 28, 29), die ersten Zellen des Endosperm (Taf. II, Fig. 27—33), der Vorkeime und die Keime (Taf. I, Fig. 24—26) entstehen.

Eine solche Entwickelungsfolge stellt Taf. I, 34—41 aus dem Keimsäckchen der Hülsengewächse dar. Fig. 34 ist der Zellkern des Keimsäckchens in dessen jugendlichstem Zustande, vor seiner Vervielfältigung. In Fig. 35 hat das einfache Kernkörperchen desselben zum Kranzkörperchen sich ausgebildet. In Figur 36 erkennt man die beginnende, in Fig. 37 die vollendete Theilung des Kranzkörperchens in zwei gleiche Theile, die in Fig. 38 und 39 zu neuen Zellkernen entwickelt sind, deren Kranzkörperchen in Fig. 40 eine erneuete Zwei- und Dreitheilung erlitten haben. In Fig. 41 hat sich jedes dieser fünf Kranzkörperchen zu einem neuen Zellkerne ausgebildet. Die Kernstoffmasse des ursprünglichen Zellkerns hat, schon in Fig. 39 dieser Entwickelungsfolge, ihre Eigenschaft der Farbenspeicherung verloren, sie hat sich in eine, mit den kleinsten Saftbläschen oder Körnchen erfüllte, Flüssigkeit verwandelt, und verschwindet in dem Maasse, als die Zellkerne heranwachsen, während die Hüllhaut des ursprünglichen Zellkerns, wie die Oberhaut der Pflanze, im Umfange der sich fortdauernd mehrenden Zellkerne mit diesen den Brutbeutel bildet (Taf. I, Fig. 28, 29), der sich durch Abschnürung vervielfältigt, wie ich dies im §. 53 näher nachweisen werde.

In der Entwickelungsfolge der Endospermzelle von Clematis, wie sie Taf. II, Fig. 27—33 giebt, sehen wir ebenfalls innerhalb der Hüllhaut des Zellkerns drei neue Zellkerne aus den Kernkörperchen entstehen und sich fortbilden in die ersten Endospermzellen, ohne dass Hüllhaut und Kernstoff einer Theilung unterworfen sind.

Ob auch die Vervielfältigung des Zellkerns Taf. I, Fig. 24, 25 zur Vorkeimbildung der Lupine auf Kernkörperchentheilung beruhe, vermag ich mit voller Gewissheit nicht anzugeben; es fehlt mir ein Bindeglied zwischen den beiden dargestellten Entwickelungsstufen und nur Andeutungen liegen mir vor, dass es sich so verhalte.

b) Die Zellkernmehrung durch Selbsttheilung.

§. 19. Ich verstehe darunter alle diejenigen Fälle, in denen die ganze Masse des Zellkerns in zwei oder mehrere Theile sich theilt, nachdem schon vorher eine Veränderung der Substanz in der späteren Theilungsfläche eingetreten ist.

Es ist dies ein sehr geheimnissreicher Vorgang, über den ich bis jetzt nur so viel mit Bestimmtheit anzugeben weiss: dass, schon vor Beginn einer wirklichen Theilung, in der späteren Theilungsebene eine Veränderung der Substanz des Kernstoffs eintritt, daran erkennbar, dass in der Theilungsfläche die Eigenschaft der Farbenspeicherung verloren geht, in Folge dessen der durch Karmin gefärbte Zellkern in dieser Fläche ungefärbt

bleibt. In dieser vorgezeichneten Theilungsebene erfolgt dann später die wirkliche Theilung der Art, dass sie, vom äusseren Rande des Zellkerns aus, nach dem Mittelpunkte hin allmählig tiefer einschneidet, bis die Trennung vollendet ist.

Das beste Material für die Beobachtung dieses Vorganges liefern die jungen Blätter aus den Zwiebeln von Allium Porrum und Amaryllis, wenn man diese 6—8 Stunden kocht, dann die Oberhaut abhebt und, auf Glastäfelchen unter Karminlösung ausgebreitet, nach 24 Stunden beobachtet (Bot. Zeitung 1854, S. 899). Taf. II, Fig. 20* zeigt einen Zellkern aus dem Endosperm der Cucurbitaceen mit innerer, ungefärbter Scheidewand, vor Beginn der eigentlichen Theilung von aussen, wie letztere in Fig. 16, 17, 18, in der Entwickelungsfolge 19—21 dargestellt ist. Ich habe hier Bilder gesehen, die darauf hindeuten, dass es ein innerer, schlauchförmiger Körper sei, der in der Fläche künftiger Spaltung sich ausbreite. Auch Taf. II, Fig. 25* gehört hierher, und diese, wie ähnliche Bildungen führen uns zur Entwickelung componirten Stärkemehls aus ursprünglich einfachen Körnchen (Taf. III, Fig. 10), zur Vermehrung der Kleinkörnchen des Hafermehls durch Selbsttheilung (Taf. II, Fig. 47—52) zur Entwickelungsfolge des Kernkörperchens selbst, zur Bildung des Kranzkörperchens aus dem centralen Globus, endlich zur Selbsttheilung des Ptychodeschlauchs zurück, Vorgänge, die dereinst sehr wahrscheinlich alle in ein und dieselbe Rubrik fallen werden, die aber gegenwärtig noch zu wenig gekannt sind, als dass sich etwas Weiteres darüber sagen liesse. Leider steht es nicht im Willen des Forschers, solche Fragen zu erledigen, und wären sie noch so wichtig. Es hängt davon ab, dass er das passende Material dazu finde, denn kein Vorgang im Pflanzenkörper ist so versteckt, dass er nicht irgendwo mit besonderer Klarheit in die Erscheinung tritt; es kommt nur darauf an, das richtige Objekt zu finden, und dazu verhilft nicht allein rastloser Fleiss am Mikroskoptische, sondern es ist das auch Sache des Zufalls und des Glückes.

Wie wichtig die Erforschung des inneren Vorganges der Selbsttheilung sei, geht schon aus dem Umstande hervor, dass diese Art der Zellkernmehrung die vorherrschende, vielleicht die alleinige ist ausserhalb des Keimsäckchens im Pflanzeneie. Die gebildeten Tochterkerne verhalten sich hierbei in zweifach verschiedener Weise. Entweder es bildet jeder derselben unmittelbar einen Ptychodeschlauch und durch diesen die neue Zelle vermittelst Physalidenentwickelung (Taf. II, Fig. 24—26). Auch dieser Vorgang beschränkt sich, so viel ich weiss, auf die Bildung der Endospermzellen im Keimsäckchen des Embryo — oder es fällt mit der Selbsttheilung des Zellkerns die Selbsttheilung des Ptychodeschlauches, dem er angehört, zusammen (Taf. II, Fig. 14—18, Fig. 19—22) — dies ist der Vorgang, auf welchem die Zellenmehrung ausserhalb des Embryosackes beruht, vom ersten Auftreten des Keims bis zur erwachsenen Pflanze.

In den jungen Keimpflanzen der Viciaceen, ferner in den Knollen von Ranunculus Ficaria, Mitte April, kann ich eine, der Selbsttheilung des Zellkerns vorhergehende, innere Scheidewandbildung nicht auffinden. Der Theilungsvorgang scheint hier ganz auf äusserer Abschnürung zu beruhen, in ähnlicher Weise wie bei Saccharomyces und vielen Infusorien. Bei Vicia findet man nicht selten Zellkerne, die bis auf einen kaum messbaren Isthmus zusammengeschnürt sind, durch diesen aber noch zusammenhängen.

Ein ausgezeichnetes Material für Zellkern-Studien, besonders für die Selbsttheilung des Zellkerns und des Kernkörperchens, für Schlauchbildung aus dem Kernkörperchen noch innerhalb des Zellkerns (ähnlich Taf. III, Fig. 10), wie für die verschiedenen Stufen der Ausbildung des Zellkerns zum Ptychodeschlauche, liefert die junge Spargelsprosse, wenn man Querscheiben aus verschiedener Höhe in Karminwasser auswäscht, und die zellkernreiche Flüssigkeit, unter Deckglas aufbewahrt, nach 1—2 Stunden untersucht.

D. Ortsveränderung des Zellkerns.

§. 20. Die Stellung des Zellkerns zur Zelle ist entweder eine centrale (Taf. I, Fig. 22; Taf. III, Fig. 1, 2), oder eine wandständige (Taf. I, Fig. 24; Taf. III, Fig. 3—6). Ohne Zweifel findet zwischen beiden Stellungen in derselben Zelle ein sich öfter wiederholender, mit der Regeneration des Ptychodeschlauches in Beziehung stehender, Wechsel statt. Der centrale Zellkern (Taf. I, Fig. 22) wird durch Monophysalidenbildung ein wandständiger (§. 12, Taf. I, Fig. 23, 24); der wandständige Zellkern (Taf. III, Fig. 3 m) wird dadurch ein centraler, dass er in eine, nach dem Innenraume der Zelle gerichtete, Ausstülpung des Ptychoderaums tritt (§. 30, Taf. II, Fig. 24; Taf. III, Fig. 13 a, 25 a b), und in diesem Ausstülpungsschlauche durch Makrophysalide einen neuen Ptychodeschlauch bildet (Taf. III, Fig. 3 n; Taf. II, 25 c, Fig. 26 a).

In diesen beiden Fällen der Ortsveränderung spielt der Zellkern, wie es scheint, eine passive Rolle, wenn er nicht etwa die Ursache der Anhäufung des Ptychodesafts in seiner Umgebung ist, durch welche die Ausstülpung zu Wege gebracht wird; ein Vorgang, für den wir die Formänderung der Amoeben durch wechselnde Saftströmung vielleicht als Bild verwenden dürfen.

Es giebt aber ausserdem noch eine zweite Art der Ortsveränderung, bei welcher der wandständige Zellkern sich im unveränderten Ptychoderaume fortbewegt, aus der, durch die Abschnürung des Ptychodeschlauchs erlangten Axenstellung (Taf. II, Fig. 18 a b) in die äquatoriale Stellung (Taf. II, Fig. 18, 14 c d) zurückschreitend, Behufs erneuter Abschnürung des Ptychodeschlauchs, wie diese die Figuren Taf. II, 14—18 in fortschreitender Entwickelungsfolge darstellen (§. 31, 57).

Bei dieser Art der Ortsveränderung sieht man nicht selten den Zellkern sich schlauchförmig verlängern und zwar in einer, der Ortsveränderung aus der Axenstellung in die äquatoriale Stellung entsprechenden Richtung.

Taf. I, Fig. 85, 86 ist die Abbildung zweier Zellkerne dieser Art aus dem Zellgewebe eines 4 Zoll hohen Keimpflänzchens des Kürbis, der Schnitt aus dem Stengelchen, dicht unter den Samenlappen entnommen. Die Form der Zellkerne ähnelt so sehr den gestielten Eiern der Gallwespen, dass ich nicht umhin kann, den Gedanken auszusprechen: es sei auch die Ortsveränderung des Zellkerns der des Gallwespeneies ähnlich.

Wie ich in meinen Arbeiten über diese Insektenfamilie gezeigt habe (Germar entom. Magazin III, p. 324, Taf. I, Fig. 1—7), gleicht das gestielte Ei der Gallwespen einem langen, überall geschlossenen Quersacke, in welchem nur das eine Ende mit der Eiflüssigkeit erfüllt ist, alle übrigen Theile desselben zu einem fadenförmigen, hohlen Stiele contrahirt sind. Das Ei wird dadurch in das Zellgewebe der Pflanzen versenkt, dass der dünne Stiel in den fadenförmigen, hohlen Legstachel tritt, während das Eiende noch im Leibe der Wespe liegt. Ist der Stiel mit dem Legstachel in das Pflanzenzellgewebe versenkt, so wird die noch im Leibe der Mutter befindliche Eiflüssigkeit, wahrscheinlich durch Muskeldruck, aus dem einen Ende des Quersackes in das entgegengesetzte Ende übertragen und schwillt hier, die Klappen des, aus drei aneinanderliegenden Leisten gebildeten, Legstachels an der Spitze auseinanderdrängend, also frei im Pflanzenzellgewebe, zum Volumen des ziemlich grossen Eies wieder an, dessen Einbringen in das Pflanzenzellgewebe ohne diese Vorrichtung eine bedeutende Oeffnung erheischen, eine Erkrankung des Zellgewebes nach sich ziehen und den Gallwuchs stören würde.

Ich habe kaum nöthig zu bemerken: dass von direkter Beobachtung eines ähnlichen Verhaltens der Zellkerne nicht die Rede sein kann. Nur die Aehnlichkeit der, immerhin aussergewöhnlichen, Formänderung des Zellkerns und die Unwahrscheinlichkeit, dass die Strömung einer, im Verhältniss zu sehr grossen Zellkernen, sehr geringen Menge Ptychodesafts die Ortsveränderung des Zellkerns vermitteln könne, führte mich zu dem Vergleiche, deren es ja so viele zwischen Insekten und Pflanzen giebt.

E. Funktionen des Zellkerns.

§. 21. Schleiden gebührt das Verdienst, zuerst auf die Hüllhaut des Zellkerns und auf deren Erweiterung zu Bläschen aufmerksam gemacht zu haben. Aus diesem Grunde nennt er den Zellkern Cytoblastus. Seiner Ansicht zu Folge ist es eine, aus dem Zellsafte frei sich absondernde, zum Ballen zusammentretende Schleimmasse, um die sich die Hüllhaut des Zellkerns als ein secundäres Gebilde entwickelt. Durch Zellsafteinsaugung erweitere sich die Hüllhaut zum Bläschen, während der dadurch entkleidete Zellkern eine zweite Hüllhaut in seinem Umfange ausbilde, „er wird so in eine Duplicatur der Wandung eingeschlossen (?), oder er bleibt frei und wird dann meist aufgelöst und verschwindet" (Grundzüge, 2. Aufl. Hft. I, S. 197). Weiter (S. 201) heisst es: „Auf der" (durch Entwickelung der ersten Hüllhaut zur ersten Wandung) „freigewordenen Seite des Cytoblasten scheint sich oft eine neue Lamelle niederzuschlagen, die am Rande, wo sie den Cytoblasten überragt, sich genau mit der ersten Zellwand verbindet und so den Cytoblasten einschliesst."

Hiervon sind nun meine Beobachtungen in Folgendem wesentlich abweichend.

Der Zellkern entsteht nie frei aus einer formlosen Schleimmasse, sondern er regenerirt sich aus dem Kernkörperchen im Innern eines vorgebildeten Zellkerns, wie ich dies im Vorstehenden erörtert habe. Was Schleiden a. a. O. Taf. I, Fig. 1 a—d abbildet, sind nicht Zustände des Werdens, sondern Zustände der Diffusion der Kernstoffkörperchen eines bereits ausgebildeten Zellkerns, und erhält man aus der bezeichneten Ab-

bildung eine ziemlich richtige Darstellung des Vorganges der Diffusion, wenn man die durch Buchstaben bezeichnete Entwickelungsfolge rückwärts verfolgt.

Es ist nicht die Hüllhaut des Zellkerns, welche durch Wassereinsaugung sich von ihm ablöst, sondern es ist ein unter der Hüllhaut liegendes Kernstoffkörperchen, dem diese Verrichtung zugeschrieben werden muss, das sich zum Physalid ausdehnt, während die Hüllhaut des Zellkerns der Vergrösserung des Physaliden nur Folge leistet, der so „in eine Duplicatur der Wandung eingeschlossen" wird, die Schleiden in den Figuren 6 und 8 ganz richtig darstellt, in Bezug auf die Trennung des Zellkerns vom Innenraume der Zelle durch eine schlauchförmige Innenhaut, nicht allein durch eine nur „den Rand des Zellkerns überragende Lamelle".

Nach der Schleiden'schen Ansicht verbleibt der Zellkern dem inneren Zellraume, nach meiner Ansicht ist dessen Lagerstätte stets der durch die Hüllhaut und den Physalid gebildete Ptychoderaum. In dem was Schleiden über Duplicatur und Lamellenbildung sagt, scheint mir ein Widerspruch zu liegen.

Nach der Schleiden'schen Ansicht ist die Hüllhaut des Zellkerns, nachdem sie sich zum Bläschen erweitert hat und Zellwand geworden ist, von allen späteren Verdickungsschichten letzterer stofflich nicht verschieden und ihnen äquivalent. Nach meiner Ansicht sind und bleiben Hüllhaut des Zellkerns und Physalidenhaut stofflich verschieden von den, zwischen beiden später sich entwickelnden, Ablagerungsschichten der Zellwand. Sie bilden vorher den doppelhäutigen Ptychodeschlauch, nachher eine äussere und eine innere häutige Begrenzung der Ablagerungslamellen des Astathebandes, während ein neuer Ptychodeschlauch aus einem regenerirten Zellkerne entsteht.

Nach Schleiden's Ansicht sind Zellsaft, Ptychodesaft (Cytoblastem), Zellkern, Körnchen und Bläschen verschiedener Art in ein und demselben Zellraume gelagert; ich dagegen behaupte die Sonderung letzterer vom Zellsafte durch eine innere Schlauchhaut, durch die ursprüngliche Physalidenhaut.

Abgesehen von den vorstehenden, differenten Ansichten bin ich mit Schleiden einverstanden, dass der Zellkern direkt Zellerzeuger sei, beschränke aber diese Function auf die Vorgänge der Zellenbildung im Keimsäckchen des Embryo. Sind hier aus den Zellkernen die ersten Zellen des Embryo und des Endosperm gebildet, so tritt an die Stelle der direkten Zellenbildung aus dem Zellkerne, die Zellenmehrung durch Abschnürung des Ptychodeschlauchs zu Tochterschläuchen, wobei der Zellkern gleichzeitig in zwei Tochterkerne sich abschnürt, die sich in die beiden Tochterschläuche derselben Abschnürungsfläche vertheilen (Taf. II, Fig. 14—18). Der Zellkern ist von da ab nur insofern noch thätig bei Bildung der Zellwand, als aus ihm und um ihn ein neuer Ptychodeschlauch entsteht, während der abgeschnürte Tochterschlauch zur Cambialwandung sich umwandelt, als aus seinen Kernstoffkörperchen die Körnchen und Bläschen hervorgehen, welche zwischen den Häuten des secundären Ptychodeschlauches das Astatheband der secundären Ablagerungslamellen bilden.

In der ausgebildeten Zelle ist der Zellkern nicht mehr Cytoblast, sondern nur noch Metacard, d. h. seine Thätigkeit beschränkt sich auf Abscheidung und Assimilation fester Stoffe aus dem ihn umspülenden Ptychodesafte, dessen feste Stoffe er zurückbehält, während die, der Assimilation im Innern des Zellkerns nicht dienlichen Säfte durch ihn hindurchgehen, wie durch einen Filtrirapparat.

Vielleicht steht die strömende Bewegung des Ptychodesafts mit dieser Funktion des Zellkerns in naher Beziehung, denn durch diese muss die Flüssigkeit des Ptychoderaums in der Umgebung des Zellkerns stets wechseln und ihm neue Stoffe zur Aufnahme zuführen. Beruht die Aufnahme von Farbstoffen in die Substanz des Zellkerns nicht in einer Abscheidung nur dieser aus der umgebenden Flüssigkeit, dürfen wir als wahrscheinlicher annehmen: dass die ganze, gefärbte Säftemasse wie durch einen Filtrirapparat durch ihn hindurchgehe, dass erst beim Durchgange der Säftemasse die in ihr gelösten Stoffe vom Zellkerne zurückbehalten werden; so könnte man wohl die Vermuthung aussprechen: dass die Ursache der Saftströmung im Zellkerne zu suchen sei, dass die Saftströmung selbst hervorgehe aus einer dem Zellkerne eigenen Kraft der Aufsaugung sowohl, wie der Ausstossung aufgesogener Flüssigkeit, ähnlich dem Verhalten der Lungen im Athmungsprocesse des Thieres.

Wie der, aus dem aufgesogenen Ptychodesafte im Zellkerne zurückbleibende, Bildungsstoff weiter verarbeitet und zur Kernstoffmasse umgestaltet werde, darüber lässt sich nicht einmal eine Vermuthung aussprechen. Dass aber eine solche Aufnahme und Umbildung stattfinden müsse, das erkennen wir nicht allein aus dem Verhalten des Zellkerns zu Farbstofflösungen, sondern auch aus dessen Wachsthum innerhalb einer ursprünglichen Hüllhaut, aus seiner, in einigen Fällen über hundertfachen, Volumvergrösserung vom Zustande als Kernkörperchen bis zur endlichen Ausbildung.

Im dritten Theile werde ich zeigen, wie im Innern der, aus den Kernstoffkörperchen sich bildenden Physalide, Chlorophyll, Stärkemehl und Klebermehl entstehen, ich werde zeigen, dass diese Umbildungen häufig schon im Innern des Zellkerns vor sich gehen. Ich werde im folgenden Abschnitte nachweisen, dass auch das Astatheband der Zellwandung, dass die sogenannten Ablagerungsschichten desselben dem Zellkerne entspringen und wir werden zum Schlusse kommen: dass der Zellkern nicht allein der Ursprung jeder Pflanze sei, sondern auch: dass aus der Nachkommenschaft des ersten Zellkerns alle Bestandtheile der Zelle, also auch alle Bestandtheile der Pflanze entspringen, dass der Zellkern, unmittelbar oder mittelbar, die Bildungsstätte alles Pflanzlichen sei.

F. Verschwinden des Zellkerns.

§. 22. Ohne Zweifel giebt es auch in höher organisirten Pflanzen viele Zellenarten, in denen der Zellkern verschwindet, sobald die Zelle ihre Ausbildung erlangt hat. Dahin gehören alle Holz-, Bast- und Spiralfaser-Zellen, alle Holzröhren, Zellfasern und Markstrahlzellen, selbst viele Zellen des Markes und der Rinde, wenn diese zu Luftzellen oder aussergewöhnlich dickwandig werden. Es sind eigentlich nur die Zellen der grünen Rinde, das Zellgewebe der Blätter und blattartiger Pflanzentheile, in denen der Zellkern bleibend ist, und selbst im hundertjährigen Alter nicht fehlt (Buchenrinde, Agaveblatt). Demohngeachtet sind viele der, zu gewissen Jahreszeiten leeren und zellkernlosen, Zellen den Winter über mit Stärkemehl und Klebermehl erfüllt, so die Markstrahlen der meisten Holzpflanzen, die Zellfasern und Schichtfasern des Holzes, selbst die ächten Holzfasern einiger Holzarten: Robinia, Acer oberirdisch und unterirdisch, die meisten Holzarten unterirdisch.

Man könnte hieraus schliessen: dass in diesen Fällen sowohl das Stärkemehl als der Zellkern, wenn ein solcher vorhanden ist, nothwendig aus formlosem Bildungssafte entstehen müsse. Die Thatsachen, welche ich einer solchen Ansicht entgegenzustellen habe, sind im Wesentlichen folgende:

1. Wie ich im dritten Theile zeigen werde, erhält sich der Zellkern vieler Samenlappen und Endospermzellen auch während der Samenreife und tritt beim Keimen wiederum in Thätigkeit. Bei anderen Sämereien verschwindet er während der Reife; ich werde die Belege beibringen, welche es wahrscheinlich machen, dass in diesen Fällen der Zellkern als Kernkörperchen die Reifezeit des Samenkorns überdaure und durch geringe Grösse desselben der Beobachtung sich entziehe.

2. Die letzten Holzfasern des jüngsten Jahresringes bilden nachweisbar im Frühjahre einen neuen Ptychodeschlauch und in diesem einen neuen Zellkern. Der erstere entsteht nachweisbar aus einer rückschreitenden Metamorphose der innersten Zellwandung, und es ist die Annahme wohl nicht zu gewagt: dass der Keim des neuen Zellkerns, in einem Kernkörperchen, vielleicht nur in einem centralen Globus bestehend, in der fertigen Zellwandung sein Winterquartier gefunden habe.

3. Bei der Bildung der kleinen Markstrahlen aus fertigen Holz- und Spiralfaserzellen findet gleichfalls Regeneration des Ptychodeschlauches und des Zellkerns aus vorgebildeter Zellwand statt. Wie letztere aus hüllhäutigen Körpern entstand (§. 33, Taf. II, Fig. 45, 46), so löst sie sich auch wieder in hüllhäutige Körper auf (erst in meiner Arbeit „Knospenleben" kann ich hierüber die nöthigen Beläge beibringen) und es ist mir wahrscheinlich, dass einer dieser hüllhäutigen Körper vorher Zellkern oder Kernkörperchen war und wiederum zum Zellkerne werde.

Gern gestehe ich aber, dass das Material der Beweisführung einer Einlagerung von Zellkernkeimen in fertig gebildete Zellwände mir selbst noch keineswegs genügend ist, dass ich sogar die Regeneration des Ptychodeschlauches aus der Zellwand, zum Zwecke der alljährlich, auch in alten Holzfasern und Markstrahlzellen, sich erneuernden Mehlbildung, noch keineswegs so allgemein und sicher beobachtet habe, um darauf eine Behauptung gründen zu dürfen, und dass es vorzugsweise Schlüsse aus analogen Entwickelungsvorgängen sind, welche mich zu dieser Annahme leiten, abgesehen von der Thatsache: dass mir bis jetzt jede Beobachtung fehlt, welche der Alternative: einem Entstehen organisirter Körper aus formlosen, d. h. flüssigen Stoffen zur Stütze dienen könnte.

ZWEITER ABSCHNITT.

Von den Zellen.

§. 23. Zellen sind kugelige oder ellipsoidische Hohlkörper mikroskopischer Grösse, bestehend aus einer äusseren, mehr oder weniger dicken und derben Wandung und aus einem, der inneren Wandungsfläche anliegenden, schlauchförmigen, doppelhäutigen Organe, dem Ptychodeschlauche.

Die Zellwandung, bestehend aus einer äusseren und einer inneren Grenzhaut und aus einem, zwischen diesen Häuten gelagerten, stofflich von ihnen verschiedenen Zellstoffe (Cellulose), ist an ihrer äusseren Grenzfläche durch die äussere Grenzhaut (Ptychoide) überall vollkommen geschlossen. Was man „Poren der Zellwand genannt hat, sind verdünnte Stellen derselben, die, theils in Form engerer oder weiterer Kanäle (Taf. II, Fig. 41, 42, 45, 46; Taf. IV, Fig. 6), theils in der Form ringförmig abgeschlossener, oder spiralig fortlaufender Flächen (Taf. II, Fig. 43), die Dicke der Zellwand von innen nach aussen bis zur äusseren Grenzhaut durchbrechen, woselbst die innere Grenzhaut, nachdem sie die Tipfelkanäle oder die Einsenkungen zwischen Ring- oder Spiralfaser ausgekleidet hat, sich mit der äusseren Grenzhaut zur Schlichthaut vereint, einer äusserst zarten, nur aus Hautstoff bestehenden Membran, die sich äusserlich in die äussere Grenzhaut, innerhalb in die häutige Auskleidung des Tipfelkanals oder in die häutige Bekleidung der Ring- oder Spiralfaser unmittelbar fortsetzt.

Der Ptychodeschlauch liegt in der lebendigen Zelle an der inneren Wandungsgrenze, dringt in die Tipfelkanäle ein, und ist am Grunde derselben mit den Schlichthautflächen der Zellwand verwachsen oder verkittet. Zieht er sich durch irgend ein Contractionsmittel (Alkohol, Zuckerwasser, Glycerin) nach dem Mittelpunkte der Zelle hin zusammen, so bleibt er mit den Schlichtflächen der Zellwand noch einige Zeit in fadenförmiger Verbindung (Contractionsfäden), bis auch diese bei höheren Graden der Zusammenziehung zerreissen. Am schönsten zeigt dies der Querschnitt aus dem Blattstiele von Heracleum, benetzt mit Jodglycerin.

Zwischen den beiden, nahe gleich grossen Häuten des Ptychodeschlauches, im Ptychoderaume, bewegt sich der Ptychodesaft, lagern der Zellkern, die Saftbläschen, das Chlorophyll, Stärkemehl und Klebermehl. Der Raum innerhalb der beiden Schlauchhäute ist erfüllt mit dem bisweilen gefärbten Zellsafte.

Der Ptychoderaum erweitert sich häufig, durch Einstülpung der inneren Schlauchhaut, in den Innenraum (Taf. III, Fig. 3, Fig. 25 a b), oder durch ein System von Intracellularkanälen, das die offene Verbindung zwischen ihm und dem Zellkernbeutel unterhält (Taf. III, Fig. 1, 3, 23). In welcher Beziehung diese Verschiedenheiten zur Entwickelung der Zelle stehen, ist im ersten Abschnitte §§. 12—14 nachgewiesen.

Die Grundform der frei sich entwickelnden Pflanzenzelle ist die Kugel, grösster Raum bei kleinstem Umfange. Diese Form wird aber vielfältig verändert, theils durch den Druck benachbarter Zellen zu polyedrischen Körpern, theils durch Verzerrung, d. h. durch die, auf dem Wachsen ganzer Zellsysteme beruhende, Ortsveränderung benachbarter Zellen, mit welchen die Zelle fleckweise verwachsen ist, z. B. die langgestreckten Zellen des Diachyms der Blätter; theils durch Erweiterung intercellularer Räume (sternförmiges Zellgewebe); oder endlich durch innere Wachsthumserscheinungen (Pollenschlauch, Copulation).

Die bei weitem häufigste Ursache der Formänderung ist aber der gegenseitige Druck, den die Zellen aufeinander ausüben. Die Ursache dieses Druckes ist der beschränkte Raum, in welchem die Zellenmehrung und das Zellenwachsthum vor sich geht; die Ursache der Beschränkung ist theils eine allgemeine, allen Zellen derselben Pflanze gemeinschaftliche, und liegt in dem langsamen Wachsthume der Oberhaut, theils ist sie eine partielle und liegt in der Fortdauer der Mutterzelle noch längere Zeit nach der Abschnürung ihres Ptychodeschlauches zu Tochterzellen, wodurch Zellencomplexe entstehen, in denen die zahlreichen Nachkommen derselben Mutterzelle, in weitgreifender Einschachtelung, noch zusammengehalten werden durch die erweiterten Zellwände jeder vorhergebildeten Mutterzelle. Man sieht dies sehr schön an den Markzellen aus den Spitzen weich ge-

kochten Blumenkohls, wenn das Zellgewebe der Scheibenschnitte durch Druck auf das Deckglas etwas gelockert, dann mit verdünnter Schwefelsäure und Jodlösung getränkt wird.

Diese Abschnürung des Ptychodeschlauches einer vorgebildeten Mutterzelle zu Tochterschläuchen (Taf. II, Fig. 14—18) und die Ausbildung der letzteren zu neuen Mutterzellen (Taf. I, Fig. 22—24), geschieht im jugendlichsten Zellgewebe des Embryo und des Knospenwärzchens stets parallel oder rechtwinklig zur Längenachse des Pflanzentheils, dem die Zelle angehört. Dadurch entstehen Zellenreihen ähnlich dem Algenfaden, deren Längenachse parallel der Längenachse des Pflanzentheils liegt. Jede dieser senkrechten Zellenreihen ist vorherrschend umstellt von sechs benachbarten Zellenreihen, deren Zellen unter sich und mit den Zellen der Mittelreihe im Verbande liegen, so dass jede Zelle jeder Zellenreihe von zwei Zellen jeder Nachbarreihe berührt und gedrückt wird. Jede Zelle wird daher berührt von zwölf Zellen der sechs Nachbarreihen und von zwei Zellen der eigenen Reihe. Die gepresste Form dieser Zellen ist daher die eines 14flächners, am nächsten stehend der entscheitelten, sechsseitigen Doppelpyramide.

Zellen dieser Art bilden die in der Regel weicheren Pflanzentheile, das Mark und die Rinde, das Zellgewebe zwischen den Blattadern und das Fruchtfleisch. Zellencomplexe dieser Art heissen Parenchym, und werden nicht mit Unrecht Pflanzenfleisch genannt. Sie erfüllen vorzugsweise das Geschäft der Nahrungsaufnahme, des Verarbeitens der Rohstoffe und der Stoffwandlung.

Wenn das parenchymatische Zellgewebe des Embryo oder des Knospenwärzchens eine gewisse Stufe der Ausbildung erlangt hat, tritt bei allen höheren Pflanzengeschlechtern, an gewissen Punkten der Querfläche, (die im Querschnitte dicotyler Pflanzen e i n e n concentrischen Ring beschreiben, im Querschnitte monocotyler Pflanzen minder regelmässig über die ganze Fläche vertheilt sind), zuerst in einer Zellenreihe, dann fortschreitend in den, dieser benachbarten Zellenreihen, eine Veränderung in der Abschnürungsrichtung ein, nicht mehr parallel oder rechtwinklig, sondern diagonal zur Längenachse der Zelle, so dass aus jeder parenchymatischen Zelle zwei keilförmige Tochterzellen entstehen. Damit ist der Impuls zur Bildung der Faserzelle gegeben, zu denen diese Keilzellen im Verlauf ihres Wachsthums sich ausbilden.

Die Complexe zu Fasern umgewandelter Zellen bilden das Faserbündel. In ihm stehen die einzelnen Fasern nicht mehr mit horizontalen Endflächen, Reihen bildend nebeneinander, sondern sie greifen mit den mehr oder weniger schräg zugespitzten Enden übereinander, so dass jede Faser von 18 Nachbarfasern berührt wird, deren 6 derselben Horizontalschicht, 6 der überstehenden, 6 der unterstehenden Faserschicht angehören. Die sechsseitige Säule mit beiderseits sechsseitiger Zuschärfung der Enden würde der vollkommen gepressten, normalen Faserform am nächsten stehen.

Hat sich das Faserbündel im Parenchym gebildet, so tritt in ihm, schon sehr früh, ein weiterer Gegensatz dadurch hervor, dass in einer, das Bündel senkrecht durchschneidenden, der Peripherie des Pflanzentheils parallelen Kegelmantelfläche, die, ausserhalb dieser idealen Fläche liegende, nächste Faser zur Mutterzelle für den Bast, die innerhalb derselben liegende Faser zur Mutterzelle für den Holzkörper wird. Diese beiden, unmittelbar sich berührenden und in den Berührungsflächen unter sich für immer verwachsenen, Faserzellen vermitteln den Dickewuchs des Bast- und des Holzkörpers, indem sie, als permanente Mutterzellen, sterile Tochterzellen in steter Wiederholung, nach innen zum Radius des Holzkörpers, nach aussen zum Radius des Bastkörpers durch Längentheilung abschnüren, wie ich dies in einer Abhandlung in der Bot. Zeitung (Ueber Entwickelung des Jahresringes der Holzpflanzen 1853, S. 572) näher nachgewiesen habe. Das Zwillingspaar der Mutterzellen für Holz und Bast ist auf der Grenze zwischen Holz- und Bastkörper innig miteinander verwachsen, die von ihnen nach aussen und innen abgeschnürten, der Mutterfaser in Grösse und Form gleichgebildeten, sterilen Tochterfasern sind, schon vom Augenblicke ihrer Abschnürung an, Bast- oder Holzfaser, wie dies die verschiedene, an der Bastfaser siebförmige, an der Holzfaser einfache Tipfelung zu erkennen giebt. Ein Cambium auch im neueren Sinne, d. h. eine Faserschicht zwischen Holz und Bast, deren Entwickelungsrichtung noch unbestimmt ist, giebt es nicht.

Alle Organe des Bastes sowohl wie des Holzes sind ursprünglich einfache Fasern. Aus ihnen entstehen durch eigenthümliche Entwickelung der Zellwandung die S p i r a l g e f ä s s e des Markcylinders; horizontale Abschnürung des Ptychodeschlauches in eine Mehrzahl eingeschachtelter Zellen bildet die Z e l l f a s e r n; Verwachsung einer Mehrzahl von Fasern, verbunden mit Resorbtion der Querwände, bildet die H o l z r ö h r e n (Bot. Zeit. 1854, S. 27; Taf. I, Fig. 11); horizontale Abschnürung radialer Faserreihen zu kleineren Zellen bildet die k l e i n e n

Markstrahlen (§. 29); während die grossen Markstrahlen aus einer Umbildung des, ursprünglich die Faserbündel trennenden, parenchymatischen Zellgewebes entstehen, später aber ihren radialen Wuchs fortsetzen durch Tochterzellen-Abschnürung gleichgebildeter Mutterzellen, die mit den Mutterzellen für die Faserbildung in gleicher Mantelfläche liegen (Bot. Zeit. 1855, S. 217). Eine gleiche Umbildung erleiden theilweise auch die einfachen Fasern des Bastkörpers. In ihm ist jede Organform des Holzkörpers, ausser den Spiralgefässen, durch ein analoges Organ vertreten. Mehr hierüber kann ich erst in meiner Arbeit über Knospenleben mittheilen.

Die Organe des Holz- und des Bastkörpers dienen vorzugsweise der Säfteleitung. In den ächten Holzfasern des Holzkörpers, und nur in diesen, nicht in den Spiralfasern des Markcylinders, nicht in den Holzröhren, nicht in den die Holzröhren umstehenden Zellfasern steigt das von den Wurzeln aufgenommene Bodenwasser zu den Blättern empor, in den Fasern des Bastkörpers kehrt der in den Blättern bereitete Bildungssaft in die tieferen Baumtheile zurück, und wird durch die Markstrahlen seitlich fortgeleitet, wie ich dies in einigen Abhandlungen der Allgem. Forst- und Jagd-Zeitung näher nachgewiesen habe.

Ausserdem dienen die Faserbündel, durch die meist beträchtliche Verdickung, durch die Härte und Festigkeit, wie durch die innige Verbindung der sie constituirenden Faserwände, den weicheren, krautigen Pflanzentheilen zur Stütze, und zum Träger. Mit Recht kann man daher diese, im Allgemeinen mit dem Namen „Prosenchym" bezeichneten Pflanzentheile dem Knochengerüst der Thiere vergleichen.

Die, durch Zellenmehrung und Zellenvergrösserung im beschränkten Raume eintretende, gegenseitige Pressung der Zellen ist selten so stark, dass dadurch die Räume zwischen den Zellen gänzlich verdrängt werden. An den Kanten der unvollkommen gepressten Polyeder verbleiben, besonders im parenchymatischen Zellgewebe, mehr oder weniger grosse Räume (Intercellularräume), die durch ganze Zellgewebsmassen, mitunter durch die ganze Pflanze ein zusammenhängendes System offener Kanäle bilden, vorzugsweise bestimmt zur Ableitung der von der Zelle ausgesonderten, gasförmigen Stoffe: des Sauerstoffs, des Wassergases, unter Umständen selbst der Kohlensäure.

Besonders in Blättern und blattartigen Pflanzentheilen, seltner in Mark und Rinde des Stengels, erweitern sich die Intercellularräume zu grösseren, luftführenden Lücken. Es sind dieselben zu unterscheiden von solchen, ebenfalls einer eigenen Wandung entbehrenden Lücken, die durch eine besondere, der Lückenaxe concentrische Anordnung des angrenzenden Zellgewebes gebildet werden. Letztere sind Hälter, welche den von den angrenzenden Zellen secernirten Stoffen zum Magazine dienen.

Trotz dieser grossen Verschiedenheiten in Form, Bildung und Function der Zellen, stimmen dieselben doch alle überein in ihrer, mindestens ursprünglichen, Zusammensetzung aus Zellwandung und Ptychodeschlauch. Von ihnen ist letzterer unstreitig der wichtigere, lebensthätige Bestandtheil der Zelle, während die starre Zellwand kaum mehr als ein Gehäuse für den Ptychodeschlauch ist, wenige Fälle ausgenommen, in denen die Verdickungsschichten Reservebildungsstoff sind.

Betrachten wir nun von den beiden Hauptbestandtheilen der Zelle: Ptychodeschlauch und Zellwandung, zunächst den ersteren, da er das Organ ist, aus welchem die Zellwandung entsteht.

A. Der Ptychodeschlauch.

§. 24. Wir haben im vorhergehenden Abschnitte gesehen, dass der Ptychodeschlauch entstehe aus der Hüllhaut des Zellkerns und aus Physalidehäuten, die entweder aus den Kernstoffpartikeln des Zellkerns oder aus den peripherischen Globen des Kernkörperchens erwachsen (§. 12 und 14). Wir haben ferner gesehen, wie hierbei der Zellkern selbst ein Bewohner des durch ihn gebildeten Ptychoderaumes bleibe, dass er im peripherischen Ptychoderaume lagere, wenn die Entwickelung desselben durch einen Monophysalid geschah (Taf. I, Fig. 22—24), dass er hingegen eine, zum Innenraume des Ptychodeschlauchs mehr oder weniger centrale Stellung erhalte, wenn der Ptychodeschlauch sich aus Makrophysaliden bildet (Taf. I, Fig. 19—22), dass aber auch in diesem Falle der Zellkern doch immer einer Abzweigung eines und desselben Ptychoderaumes angehöre, die ich den Zellkernbeutel nannte, dessen offene Verbindung mit dem peripherischen Ptychoderaume durch die Intracellularkanäle unterhalten werde. Wir haben endlich auch gesehen, dass der im peripherischen Ptychoderaume lagernde Zellkern ein centraler werden könne, durch Einstülpungen des peripherischen Ptychoderaums in den Zellraum

(Taf. II, Fig. 24—26; Taf. III, Fig. 25 a b), wahrscheinlich vermittelt durch Anhäufung des Ptychodesafts in der nächsten Umgebung des Zellkerns.

Wenden wir uns nun zur nähern Betrachtung der Einzeltheile des Ptychodeschlauchs und seines Inhalts.

1. Die Schlauchhäute.

§. 25. Es sind dies unendlich zarte, continuirliche Hautflächen, deren Ränder, selbst bei der schärfsten Vergrösserung, einen doppelten Contour nicht erkennen lassen, sondern als einfache Linie erscheinen. Man erkennt daher diese Häute in den meisten Fällen weniger durch sie selbst als durch die scharfe und lineare Begrenzung der von ihnen eingeschlossenen, flüssigen und festen Stoffe, besonders da, wo diese auf den entgegengesetzten Seiten der trennenden Haut von verschiedener Färbung sind. Contrahirt oder isolirt erkennt man sie ausserdem durch ihre Falten, die sich durch abweichende Lichtbrechung als dunklere Streifen darstellen. Gelingt es, Hautflächen zu isoliren und in der klaren Flüssigkeit des Objectträgers auszubreiten, so erscheinen die Häute völlig wasserklar, bei schräger Beleuchtung nicht homogen, wie die Ablagerungsschichten, sondern zusammengesetzt aus den kleinsten, molecularen, ineinander geflossenen Kügelchen, wohl zu unterscheiden von gröberen Körnchen, die in manchen Fällen, hier und da unregelmässig vertheilt, der Schlauchhaut wie eingewebt erscheinen, so wie von henkelähnlichen Bildungen, die mit Verwachsungen der beiden Schlauchhäute in Beziehung stehen.

Eine grössere Dicke und Derbheit erlangt die äussere Schlauchhaut häufig in reifen Samenkörnern, besonders in solchen, die nur Klebermehl enthalten. In dem trocken zerstossenen Samen der Lupine z. B. lässt sich der unverletzte Ptychodeschlauch mit seinem Inhalte durch Oel recht leicht auswaschen, isoliren und weiter zerlegen. Bringt man, vermittelst Aether von allem Oele gereinigtes, Klebermehl der Lupine unter Deckglas mit salpetersaurem Quecksilber in Berührung, so erkennt man, während der Inhalt der Kleberkörnchen sich körnelt und röthet, recht deutlich nicht allein die ungefärbt und ungekörnelt bleibende Schlauchhaut, sondern auch eine ganz gleiche Haut im Umfange jedes Kleberkörnchens, in einer an Scheibenschnitten noch messbaren Dicke von ungefähr $^{1}/_{1500}'''$ Durchmesser.

Durch Jodlösung wird die Schlauchhaut allerdings braun gefärbt, ich bin aber sehr zweifelhaft, ob diese Färbung eine reactive ist, da sie sich sehr rasch wieder verliert. Salpetersaures Quecksilberoxyd lässt die Haut ungefärbt und unverändert; es ist dies ein treffliches Mittel der Erkennung und Unterscheidung, da es das von den Häuten eingeschlossene Klebermehl ziegelroth färbt, das Stärkemehl wie Aetzkalilauge auflöst und auch auf die Ablagerungsschichten der Zellwand mehr oder weniger eine expandirende, mitunter selbst lösende Wirkung äussert. Auch Schwefelsäure lässt die Schlauchhäute unverändert; bei einem Grade der Einwirkung auf das Zellgewebe, welcher die benachbarten Astatheschichten der Zellwand expandirt und unter Zusatz von Jodlösung blau färbt, erhält die Schlauchhaut eine braune Färbung. Dahingegen löst concentrirte Salpetersäure die Schlauchhäute auf, während sie die Ablagerungsschichten des Astathebandes räumlich unverändert lässt und in die Substanz der Schiessbaumwolle verwandelt (S. Ueber Bestand und Wirkung der explosiven Baumwolle. Braunschweig 1847. Oehme und Müller).

Es zeigt daher die Haut des Ptychodeschlauchs in allen diesen Fällen ein, den Schichten des Astathebandes entgegengesetztes Verhalten, und die Ansicht: dass letztere aus einer Umbildung der Haut hervorgehen, entbehrt auch in dieser Hinsicht jeden Grundes. Ebenso wenig liegen Gründe vor, die Schlauchhaut als stickstoffhaltig zu bezeichnen. Dass sie durch salpetersaures Quecksilberoxyd nicht gefärbt wird, spricht dagegen, und die vorübergehend braune Färbung durch Jodlösung ist kein genügender Beweisgrund, denn viele andere Pflanzenstoffe werden von Jod braun gefärbt, die entschieden stickstofffrei sind. Auch gaben alle Elementaranalysen der Cellulose aus Holz und Bastfaser nie eine Spur von Stickstoffgehalt, obgleich das dabei verwendete Material in keinem Falle allein aus Ablagerungsschichten, sondern stets aus diesen und aus den ihnen angehörenden, die Zellwand äusserlich wie innerhalb bekleidenden Zellhäuten bestand. Wir kennen daher ebenso wenig die elementare Zusammensetzung der reinen Astathesubstanz, wie uns die des reinen Hautstoffs unbekannt ist, da wir kein Mittel besitzen, beide im unveränderten Zustande voneinander zu trennen.

§. 26. Wir wissen: dass der Ptychodeschlauch, in der lebenskräftigen Zelle der Zellwandung dicht anliegend, durch die Wirkung verschiedener Flüssigkeiten, durch Zuckerwasser, Säuren, Alkohol sich zusammenzieht und dadurch von der Zellwand abtritt, diese entblössend bis auf die Tipfelstellen, mit deren Schlichthaut er

innig verwachsen erscheint, so dass dem endlichen Zerreissen dieser Verbindung bei fortschreitender Contraction des freien Theils der Schlauchhäute eine Verzerrung der Schlauchform und ein Ausziehen der, die angehefteten Schlauchflächen zunächst begrenzenden, Hauttheile in fadenförmige Verbindungsstrahlen stets vorangeht (Taf. II, Fig. 19, 22).

Diese Contraction der Schlauchhäute beruht, meiner Ansicht nach, nicht in einer Wirkung der sie hervorrufenden Flüssigkeit auf die Häute selbst, sondern sie ist eine natürliche Eigenschaft derselben, überwunden in der lebendigen Zelle durch dieselbe Kraft der Flüssigkeitsaufsaugung aus den Nachbarzellen, durch welche das Kernstoffkörperchen zum Makrophysalid sich ausdehnt, auf welcher überhaupt die Turgescens des lebendigen Zellgewebes und die von Zelle zu Zelle fortschreitende Saftbewegung in der ganzen Pflanze beruht. Wird durch Frost, durch höhere Hitzgrade oder durch irgend ein Pflanzengift die Pflanzenzelle getödtet, so erlischt damit die Saugkraft des Ptychodeschlauchs und die contractile Eigenschaft der Häute tritt in ihre Rechte ein.

Die contractile Eigenschaft des Ptychodeschlauchs ist insofern von anatomischer Wichtigkeit, als sie uns die Anheftung des Schlauchs an die Schlichthäute der Zellwand zu erkennen giebt. Ob nur die äussere Schlauchhaut, oder ob beide Schlauchhäute der Schlichthaut des Tipfelkanals angeheftet sind, ob diese Anheftung in einer Verwachsung der Häute oder nur in einer Verkittung beruhe, darüber habe ich mir bis jetzt noch kein sicheres Urtheil bilden können. Die Confluenz der Zellhäute verschiedener Ablagerungsschichten-Complexe in der häutigen Auskleidung langer Tipfelkanäle spricht für eine vollständige Verwachsung.

§. 27. Für Flüssigkeiten, die nicht den Nähr- und Bildungssäften angehören, ist der Ptychodeschlauch sowohl wie der innere Zellraum unzugänglich. Man kann Algen oder Charen oder andere Wasserpflanzen wochenlang in Karminwasser freudig vegetirend erhalten, ohne dass der Zellkern roth wird. Fügt man aber dem Wasser einige Tropfen, wenn auch sehr verdünnter Jodlösung bei, so wird der Zellkern nicht braun, sondern karminroth; ein Zeichen, dass die, durch die Jodlösung vergiftete, Pflanzenzelle nun erst die Karminlösung unverändert aufgenommen und im Zellkerne aufgespeichert hat. Lässt man kleine Pflänzchen von Hydrocharis in Karminwasser wachsen, so wird der Säfteumlauf in den Zellen der Wurzelhaare dadurch nicht gestört, die Zellkerne werden nicht roth. Tödtet man die Zellen durch irgend ein Pflanzengift, oder durch Hitze oder Frost, so erhält der Zellkern augenblicklich die rothe Farbe. Das berüchtigte Experiment mit der Aufnahme von Farbstoffen durch die Wurzeln der Hyacinthe, habe ich in der Bot. Zeitung 1853 Seite 315 durch eine controlirende Beobachtung widerlegt; ich habe nachgewiesen, dass, während Pflanzenwurzeln die Kohlensäure dem sie umgebenden Wasser entziehen, sie sich unter denselben Verhältnissen der Aufnahme von Humusextracten völlig abschliessen (Anhang zur 1. Auflage von Liebig's Chemie in Anwendung auf Agricultur etc.), ich habe endlich durch Experimente über Aufnahme von gefärbten Säften durch Steckreiser etc. (Bot. Zeit. 1853, S. 309, 617) die Unzugänglichkeit der lebendigen Zelle für die gelösten Stoffe nachgewiesen, während das Boucheri'sche Verfahren der Imprägnation lebender und stehender Bäume mit Pflanzengiften zeigt, dass diese, in den durch sie getödteten Organen des Holzkörpers, bis zur Spitze hoher Bäume aufgeleitet werden.

Für eines der elegantesten Experimente liefern die Zellen der Staubfadenhaare von Tradescantia virginica das Material. Taf. III, Fig. 23 habe ich eine einzelne Zelle der Art abgebildet. Der Zellraum der lebendigen Zelle ist mit einem dunkelblauen Zellsafte erfüllt, während der, im Ptychoderaume, in den Intracellularkanälen und im Zellkernbeutel, cirkulirende Saft, wie der Zellkern selbst, ungefärbt sind. Befeuchtet man die unter Deckglas liegenden Staubfadenhaare mit absolutem Alkohol, so coagulirt der blaue Farbstoff des Zellraums zu kleinen, blauen Kügelchen. Auch jetzt bleiben Ptychodesaft und Zellkern noch ungefärbt. Lässt man aber dem verdunstenden Alkohol einige Tropfen Wasser nachziehen, so lösen sich in diesem die Farbstoffkügelchen wieder auf und nun erst beginnt die Farbstoffaufspeicherung des Zellkerns, der sich nach und nach immer dunkler blau färbt, während, in demselben Verhältniss als dies der Fall ist, die blaue Farbe des im Zellraume enthaltenen Safts verschwindet (Bot. Zeit. 1854, S. 879). Schwerlich dürfte man irgendwo einen sprechenderen Belag für die, zwischen Zellsaft und Ptychodesaft bestehende, Sonderung durch häutige Zwischenwände wie für die Thatsache finden, dass, so lange die Zelle lebt, diese Häute nur für Flüssigkeiten permeabel sind, die dem Organismus zur Ernährung dienen oder bereits zu Bildungssäften, flüssigen Secreten oder Excreten in ihm umgewandelt sind, dass eine Aufnahme von Stoffen, die dem Leben der Pflanze fremd sind, erst dann eintritt, wenn die Zelle und der Ptychodeschlauch auf eine oder die andere Weise krank geworden oder getödtet sind.

§. 28. Ich habe bereits gezeigt, dass die erste Zellwand entstehe aus dem ersten Ptychodeschlauche, dessen Inhalt an hüllhäutigen Körpern sich zu den Ablagerungsschichten des Astathebandes ausbilde, während die beiden Schlauchhäute, als innere und äussere Wandungsgrenze, mit dem Astathebande innig verwachsen. Verfolgen wir nun in der fertigen Zellwand den Verlauf der innersten, häutigen Auskleidung, so sehen wir diese sowohl in die Tipfelkanäle als in die Räume zwischen Ring- und Spiralfasern eindringen und am Grunde derselben mit der Aussenhaut innig verwachsen zur Schlichthaut.

Dass die beiden Häute des Ptychodeschlauches ursprünglich voneinander völlig getrennt sind, zeigt uns die Art und Weise ihres Entstehens (Taf. I, Fig. 18—15, 21—23).

Es ist unwahrscheinlich, dass die in der fertigen Zellwand bestehende Verbindung beider Häute zu einer Zeit geschehe, wo das Astatheband als trennendes Zwischenglied bereits vorhanden ist. Wir sind daher zu dem Schlusse berechtigt, dass die Vereinigung der beiden Schlauchhäute auf Verwachsung beruhe und dass die Verwachsung schon im jugendlichen Ptychodeschlauche stattfindet. Dies ist allerdings ein Vorgang, für den wir keine Erklärung haben, der sich aber doch in grösserem Maassstabe wiederholt bei der Copulation der Spirogyren, bei der seitlichen Vereinigung benachbarter Siebröhren im Telienchym der Acerineen wie der ächten Lebenssaftgefässe in der grünen Rinde der Euphorbiaceen, bei der Entstehung der Holzröhren aus untereinander verwachsenden Holzfasern (Bot. Zeit. 1854, S. 27; Taf. I, Fig. 10, 11), mit dem Unterschiede, dass in diesen Fällen dem Verwachsen eine Resorbtion der vereinten Flächen bis auf deren Ränder folgt, während die, aus der stellenweise erfolgenden Verwachsung der beiden Schlauchhäute entstehenden, Schlichthäute geschlossen bleiben.

Dass die Verwachsung beider Häute zwar in verschiedener, aber, je nach Verschiedenheit der Pflanze, des Pflanzentheils und der Zellenart eigenthümlicher und gesetzlicher Weise erfolgt, hier in den engen Windungen einer fortlaufenden Spirale, dort in ringförmigen Flächen, oder in mehr oder weniger verbreiteten, theils spiralig, theils reihenweise geordneten, theils ungeordneten Tipfelflächen, das zeigt uns die fertige Zellwand, die sich zur Spiralfaser, oder zur Ringfaser, oder zur Tipfelfaser — Formen, die mitunter in ein und derselben Zelle ineinander übergehen (Taf. II, Fig. 42, 43) — je nach Verschiedenheit erfolgter Verwachsung nur dadurch ausbildet, dass eine Entwickelung von Verdickungsschichten aus dem Inhalte des Ptychoderaums nur da möglich ist, wo eine Verwachsung der beiden Häute nicht stattgefunden, ein Ptychoderaum sich erhalten hat.

In dem Maasse als das Astatheband durch Verdickung seiner einzelnen Schichten (ob auch durch Vermehrung?) im Durchmesser wächst und den inneren Zellraum verengt, muss sich der Tipfelkanal von der Schlichthaut aus nach dem Innenraume der Zelle hin verlängern. Wir haben hier einen sehr einfachen, natürlichen Grund, weshalb im Innern des Tipfelkanals eine Ablagerung von Zellstoff nie stattfinden kann. Es erfolgt die Verdickung nur zwischen den beiden Schlauchhäuten und der Tipfelkanal liegt ausserhalb derselben, ist ein Theil des inneren Zellraums.

§. 29. Mit der örtlich beschränkten Verwachsung der beiden Schlauchhäute, mit der, dieser folgenden Umbildung der Körnchen und Bläschen des offen gebliebenen Ptychoderaumes zu den Schichtungen des Astathebandes, ist nun aber die Funktion des Ptychodeschlauches noch nicht vollendet. Es spricht sich in den meisten Organformen eine gegenseitige Beziehung der Ptychodeschläuche benachbarter Zellen noch darin aus: dass da, wo die Häute eines solchen untereinander verwachsen, dies in gleicher Weise und in gleichem Umfange der Fall ist mit den anliegenden Häuten des benachbarten Ptychodeschlauches. In Folge dessen ist jede Schlichthaut der Zelle äusserlich begrenzt von der Schlichthaut einer Nachbarzelle; in Folge dessen bilden die, über den sich berührenden Schlichthäuten zweier Nachbarzellen durch Wandverdickung entstehenden, Tipfelkanäle je zweier Nachbarzellen, einen und denselben durch beide Wände verlaufenden Kanal, in der Mitte, an den Grenzen der beiden Nachbarzellen, unterbrochen durch die beiden Schlichthäute, deren gegenseitige Verwachsung zu einer Schlichthaut, in einigen Fällen wenigstens, mit Bestimmtheit nachweisbar ist.

Taf. II, Fig. 41, 42, 45, 46; Taf. IV, Fig. 6 dienen zur Erläuterung: nicht allein der kanalförmigen Durchbrechung der Zellwand, sondern auch der Correspondenz der Tipfelkanäle in den benachbarten Zellwänden. In Fig. 46 ist der Verlauf der Häute durch die hellere Grenzlinie des Querschnitts kenntlich; in den oberen Zellen sind die Tipfelkanäle einfach, d. h. sie gehen nicht über die Grenze ihrer eigenen Zellwand hinaus, in den unteren Zellen hingegen wie in Fig. 40 und 41 ist einer der beiden correspondirenden Tipfelkanäle über die Grenzen der eigenen Zellwand hinaus sackförmig erweitert und umschliesst einen intercellularen, linsenförmigen Raum, dessen, dem Kanale gegenüberliegender, Fläche der einfache Tipfelkanal der Nachbarzelle aufstösst.

In den bezeichneten beiden Fällen verwachsen die beiden Häute des Ptychodeschlauchs in der ganzen Ausdehnung ihrer Berührungsfläche zur Schlichthaut. Das ist nicht der Fall bei allen dünnhäutigen Organen der Bastringe, weder bei den Fasern noch bei den Zellfasern, Röhren und Markstrahlzellen dieses Pflanzentheils. Hier findet in einer, in der Regel grossen Berührungsfläche beider Schlauchhäute eine Verwachsung nur im Umfange und ausserdem im Innern derselben, in einer mehr oder weniger grossen Zahl kleiner Flächen statt. Indem sich im Umfange jeder kleineren Verwachsungsfläche eine sehr geringe Schicht von Zellstoff zwischen den nicht verwachsenen Schlauchflächen ablagert, erhält der Tipfel dadurch ein siebförmiges Ansehen, wie dies Taf. II, Fig. 44 in der Aufsicht darstellt. Der Ptychodeschlauch zweiter Generation, wenn er durch irgend eins der vielen Contractionsmittel sich zusammenzieht, spinnt sich dann in ebensoviele Fäden aus, als der Siebtipfel *) kleinere Verwachsungsflächen besitzt, wie dies die Seitenansicht derselben Figur darstellt, woraus hervorgeht, dass wir im Siebtipfel eine Zusammenstellung vieler, sehr kleiner, einfacher Tipfel vor uns haben, zu deren jedem sich der Ptychodeschlauch ebenso verhält, wie zu dem einfachen Tipfel der Holzfaser, der Mark- und Rindenzelle.

Auch im teliench ymatischen Zellgewebe der Bastschichten findet Correspondenz der Tipfelkanäle benachbarter Zellen statt. Es ist wohl anzunehmen, dass diese Correspondenz, ebenso wie die Verwachsung der Schlauchhäute desselben Ptychodeschlauches zur Schlichthaut, schon im Ptychodezustande der Zellwand vorbereitet werde. Dass dies aber nicht immer der Fall sei, dass auch fertige und unfertige Zellen untereinander in Tipfelcorrespondenz treten können, das zeigt recht bestimmt der junge Trieb im Innern noch geschlossener, grosser Knospen z. B. der Schwarzkiefer, der Rothbuche etc. Die über der Mitte des Triebes völlig geschlossenen, d. h. die nur aus Fasern bestehenden Faserbündel zeigen, tiefer unten, zwischen den Fasern neu entstandene Markstrahlen und man kann aufs bestimmteste verfolgen, dass dieselben entstehen, nicht z w i s c h e n den bereits fertig ausgebildeten Holz- und Spiralfasern, sondern durch Rückschritt eines ganzen Radius derselben in den Ptychodezustand und durch deren Gliederung zu Markstrahlzellen. Dabei bleiben die benachbarten dickwandigen Holzfasern unverändert. Da nun aber Tipfelcorrespondenz eintritt zwischen letzteren und den secundären, d. h. aus Umbildung von Fasern entstandenen Markstrahlen, so ist das ein Beweis: dass selbst dickwandige Fasern mit neu gebildeten Zellen in Tipfelverbindung treten können, was sehr wahrscheinlich unter örtlich beschränkter Auflösung der fertigen Zellwand geschieht.

Ich führe diese, besonders an den grossen Knospen von Pinus austriaca leicht zu controlirende, Beobachtung hier an, weil wir in ihr den Beweis finden: dass die Vereinigung der Tipfelkanalschläuche zweier Nachbarzellen auf einem, den höheren, animalen Lebensäusserungen verwandten S u c h e n und F i n d e n beruht, wie wir es im Pflanzenreiche nur noch im Verhalten mancher Schwärmsporen (Bot. Zeitung 1855, Taf. IV, Fig. 16), in der Copulation der Spirogyren und im Verhalten des Pollenschlauches zum Embryosacke wiederfinden.

*) Nachdem meine diesen Gegenstand betreffenden Arbeiten zwanzig Jahre lang bei den Akten gelegen haben, hat vor Kurzem v. Mohl, in einer Arbeit der Bot. Zeitung 1855, S. 873, demselben seine Aufmerksamkeit zugewendet, meine Angaben bestätigt, die von mir gewählten Namen Siebröhre, Siebfaser etc. in Gitterfaser, Gitterzelle umgeändert, weil er meint, der Name Siebfaser könne zu Missverständnissen führen, da er auf eine wirkliche Durchbrechung der Zellwandung hindeute. Das scheint mir nun aber in mindestens gleichem Grade auch mit dem Worte „Gitter" der Fall zu sein. Beide Ausdrücke sind bildlich angewendet, auch in den beschreibenden Naturwissenschaften, und, wie Taf. II, Fig. 44 zeigt, gleicht die Tipfelung der teliench ymatischen Faser entschieden mehr einem Siebe als einem Gitter.

Dass ich den Siebtipfel nicht aus einer wirklichen Durchbrechung der ganzen Zellwand, sondern, wie den einfachen Tipfel der Holzfaser, aus einem Aussetzen der Celluloseschichten hervorgegangen erkenne, zeigt Wort und Bild einer, wie es scheint v. Mohl unbekannt gebliebenen, diesen Gegenstand behandelnden Arbeit, in v. Mohl's Botanischer Zeitung 1854, Taf. I, Fig. 21—25. (Nur die Querscheidewände in den Siebröhren, wie die der Holzröhren des Holzkörpers, sind wirklich durchbrochen.) Ich kann daher auch hierin eine Berechtigung zur Namenänderung nicht anerkennen.

Wohl weiss ich es, dass in der physiologischen Botanik ein Remonstriren gegen solche Aenderungen vergeblich ist. Wie alle Welt von „Meyen's Reservestoffe", von „v. Mohl's Primordialschlauch", von „Agardh's Primitivfaser" spricht, wird es auch in Zukunft „v. Mohl's Gitterzelle" heissen, so bestimmt knüpft sich an den wissenschaftlichen Namen eines Dinges der Name und die Ehre ihres Entdeckers.

Wenn ich hier, wie an anderen Orten, bei der Verwendung der von m i r den e i g e n e n Entdeckungen beigelegten Namen verharre, so geschieht dies im Bewusstsein eines, in allen übrigen Zweigen der Naturwissenschaft anerkannten Rechtes. Es ist mir daraus der Vorwurf erwachsen, dass meine Arbeiten, durch Benutzung einer nicht allgemein gebräuchlichen Terminologie, schwerer verständlich würden; ich erkenne das an, meine aber, der Vorwurf treffe nicht mich.

2. Der Inhalt des Ptychodeschlauches.

§. 30. Wenden wir uns nun zum Inhalte des Ptychoderaums, so sehen wir diesen erfüllt mit einer flüssigen Substanz und mit einer grossen Zahl, in dieser vertheilten, festen Körper, unter denen der Zellkern durch seine Grösse, durch seine Form und Einschlüsse sich auszeichnet. Wir haben ihn bereits vorhergehend kennen gelernt. Ausser dem Zellkerne enthält der Ptychodesaft aber noch körnige und bläschenförmige Gebilde, theils ungefärbt bis zu äusserst geringer Grösse hinab, theils grün gefärbt, theils durch Jodlösung blau, theils durch salpetersaures Quecksilberoxyd roth sich färbend. Wir werden diese verschiedenen Körper im dritten Theile als Chlorogen, Chlorophyll, Stärkemehl und Klebermehl näher kennen lernen und ich werde nachweisen, dass sie sämmtlich aus dem Zellkerne stammen, keineswegs im Ptychoderaume aus dessen Säftemasse zusammentreten. Hier haben wir es daher nur mit der Betrachtung des flüssigen Bestandtheils der Ptychodeschläuche zu thun.

Was die Säftemasse des Ptychoderaums betrifft, so hat sie allerdings ein getrübtes Ansehn, es ist mir aber bis jetzt nicht gelungen, mit voller Sicherheit zu erkennen, ob diese Trübung dem Safte selbst angehört, oder ob sie eine Folge ist der Beimengung grosser Mengen der kleinsten Chlorogenkörper. Sie ist nie gefärbt, auch in solchen Fällen nicht, in denen der Zellsaft blau, roth oder gelb ist (Taf. III, Fig. 23 Zelle der Staubfädenhaare von Tradescantia §. 27. Leben der Pflanzenzelle, Taf. I, Fig. 1—8).

Die Angabe: dass der Ptychodesaft, oder, was gleichbedeutend ist, dass das Protoblasma durch Jodlösung braun gefärbt werde, kann ich nicht bestätigen, insofern man unter Ptychodesaft oder Protoblasma doch immer nur den flüssigen, in seinen Einzeltheilen noch unbegrenzten Stoff verstehen kann, welcher, nach meinen Beobachtungen, vom Zellsafte durch eine innere Schlauchhaut geschieden ist, nach der herrschenden Ansicht sich als ein schleimiger Körper auf der inneren Fläche der Zellwand oder des einhäutigen Primordialschlauches (Ptychoide) niederschlägt. Jede erkennbare, körnige oder bläschenförmige Beschaffenheit begrenzter Körper, und wären diese noch so klein, entspricht nicht mehr dem Begriffe eines Urbildungssafts. Eine reactive Färbung flüssiger Stoffe des Ptychoderaums habe ich nie gesehen, so grosse Aufmerksamkeit ich diesem Gegenstande seit meiner Arbeit über das Cambium der Holzpflanzen in Erdmann und Schweigger-Seidel Journal für praktische Chemie (1835) zugewendet habe.

Die Plättschläge unserer Eichenwälder bieten im Frühjahre Gelegenheit, grosse Mengen sogenannten Cambiums, wie wir jetzt wissen, bestehend aus den jüngsten, noch unfertigen Holzfasern und deren Inhalte, durch Abschaben der entrindeten Stämme vermittelst Glasscherben zu sammeln. Sofort nach dem Abschaben färbt sich die ganze Masse rosenroth. Wird sie durch feine Seihtücher gepresst, so erhält man eine rosenrothe, milchig getrübte Flüssigkeit, die im Filter von Fliesspapier den rothen Stoff zurücklässt, während ein wasserklarer, ungefärbter Saft durch das Filter geht, der jedoch in der Luft sehr rasch die den Pflanzenextracten eigenthümliche kaffeebraune Farbe erhält.

Die im Filter zurückgebliebene rosenrothe Substanz, auf der Objecttafel mit viel Karminwasser gemischt und nach einigen Minuten unter Deckglas gebracht, zeigt sich bestehend aus allerdings sehr kleinen (1/1500‴), aber bestimmt begrenzten Körnchen von gleicher Grösse und Bildung, deren mehrere oder viele zu kugeligen Ballen vereint sind. Zwischen diesen Körnchen treten eine Menge von Zellkernen mit verhältnissmässig grossen, ringförmigen Kernkörperchen deutlich hervor, und man erkennt auf's Bestimmteste den Uebergang dieser Zellkerne zu den körnerhaltigen Brutbeuteln, ungefähr in der Art, wie dies die Entwickelungsfolge Taf. I, Fig. 50—53 aus dem Embryosacke der Erbse darstellt (§. 13). Diese durch Karminlösung karminroth, durch salpetersaures Quecksilberoxyd ziegelroth (durch Kupferoxydkali braun, durch Schwefelsäure blassgelb, durch Eisenchlorid und schwefelsaures Eisenoxyd kaum erheblich blau) gefärbten Körnchen, gehören sicher in die Gruppe des Klebermehls, und stehen in Form, Bildung und Reaction dem kleinkörnigen Klebermehle im Samen der Viciaceen und Phaseolen am nächsten. Ihr Ursprung aus den Kernstoffkörpern der Zellkerne steht ausser allem Zweifel; man erkennt sie häufig noch als Einschluss der erweiterten Hüllhaut derselben. Lässt man der verdunstenden Karminlösung Jodglycerin nachziehen, so behalten die durch Karmin gefärbten, kleinsten Körnchen ihre Färbung, viele grössere und schärfer umschriebene, mit einem centralen Punktfleck oder Ringschatten bezeichnete Kügelchen hingegen, auffallend ähnlich dem Kernkörperchen der Zellkerne, werden durch dieses Reagens theils blau, theils goldgelb gefärbt, und geben sich dadurch als Kranzkörperchen, erstere für die Stärkemehl-Mehrung, letztere für die Klebermehl-Mehrung zu erkennen, worüber ich im dritten Theile weitere Beläge beibringen werde.

Alle oben genannte Reagentien färben nur die körnigen, scharf umschriebenen Körper; eine reactive Färbung des flüssigen Bestandes findet nicht statt.

Prüft man die durch das Filter getropfte, eiweiss- und gerbstofffreie, zuckerreiche Flüssigkeit, deren in der Luft sich braun färbender Stoff durch wasserfreien Alkohol niedergeschlagen wird (Stärkegummi mit eingemengtem Extractivstoff), während aus der dadurch geklärten alkoholigen Flüssigkeit beim Verdunsten Gleis (§. 70) und Mannit-Krystalle ausscheiden (mehr darüber beim Klebermehle), so zeigt sich, auch hier, nirgends eine reactive Färbung durch Jod, und es ist wohl nicht mehr als billig, dass, wenn man die Protoblasma-Hypothese aufrecht erhalten will, wenigstens eine direkte Beobachtung nachgewiesen werde, die ebenso für sie, als Vorstehendes und so vieles Andere gegen sie spricht.

Dass der Ptychodesaft in strömender Bewegung sich befindet, ist unzweifelhaft. In vielen Fällen erkennt man die Fortbewegung desselben an der Fortbewegung der in ihm enthaltenen festen Körper, der Chlorophyll- oder Stärkekörnchen; wo das nicht der Fall ist, da lässt sie sich dennoch folgern aus der unverkennbaren Ortsveränderung dieser Körper, die wir zu verschiedenen Zeiten in verschiedenen Theilen des Ptychoderaums gelagert finden. Besonders deutlich zeigt sich die Saftströmung in den grossen Zellen der Charen, in den Wurzeln von Hydrocharis, in den Haaren und jungen Holzröhren der Kürbisse, in den Fruchtzellen grossfrüchtiger Pflaumen etc.

Eins der ausgezeichnetsten Objecte für die Untersuchung der Saftströmung in den Intracellularkanälen liefert Ranunculus Ficaria, deren Knollen Anfang April, nachdem das Stärkemehl gelöst ist, einen centralen Zellkern, gleich Taf. III, Fig. 1 und 2 führen. Ausserordentlich scharf erkennt man hier die häutige Begrenzung der Intracellularkanäle und des Zellkernbeutels. In beiden bewegen sich kleine, aber scharf umschriebene Körnchen, die selbst bei 400maliger Vergrösserung nur punktförmig erscheinen. Diese Körnchen sind im Verhältniss zum Durchmesser der Kanäle so klein, dass mehrere nebeneinander liegen und sich bewegen können, was mit einem der Molecularbewegung ähnlichen Hin- und Herschwanken geschieht, wo der Kanal den Raum dazu bietet. Hier findet nun der auffallende Umstand statt, dass in demselben Kanale nicht alle Körnchen immer dieselbe Fortbewegungsrichtung besitzen. Häufig sieht man Körnchen aneinander vorbei sich bewegen, das eine nach dem Zellkerne hin, das andere von ihm abgewendet, und dieselben Körnchen kehren nicht selten um, nachdem sie fast den ganzen, langen Kanal durchlaufen haben. Es lässt sich das schwer vereinen mit der Strömung einer Flüssigkeit in einem einfachen Kanale und deutet auf complicirteren Bau desselben.

Als Belag für die Ansicht: dass der Ptychodesaft sich frei bewege, hat man viel gesprochen von Veränderungen in der Strömungsrichtung selbst der, mitten durch den Zellraum hindurch sich bewegenden Saftströme. Es erklärt sich dies sehr einfach aus der Doppelhäutigkeit des Ptychodeschlauches, dessen Häute wie nasse Tücher aneinander liegen, wo sie nicht durch den Saft oder durch feste Körper des Ptychoderaums voneinander getrennt sind. Ist die strömende Säftemasse im Verhältniss zur Grösse des Schlauches eine geringe, so werden schon die Adhäsionsverhältnisse zwischen den beiden Schlauchhäuten dieselbe auf gewisse Strombette beschränken, die veränderlich sind, da sie in der Schlauchfläche nicht fest, sondern nur durch die Adhäsion der Schlauchhäute begrenzt sind. Das Aussetzen der den Zellraum durchstreichenden Saftströmchen, das Ueberspringen derselben in andere Strömungsrichtungen, beruht auf ganz gleichen Verhältnissen, denn es gehört nur demjenigen Entwickelungszustande der Zelle an, in welchem die Makrophysalide noch nicht zur Bildung von Intracellularkanälen vorgeschritten sind (§. 14), sondern um den Zellkern ein intracellulares Zellgewebe bilden, zwischen dessen noch nicht verwachsenen Häuten der strömende Saft seine Strömungsrichtung vielfach zu verändern vermag. Ueberall, wo man die häutigen Grenzen fertig gebildeter Intracellularkanäle bestimmt erkennen kann, findet niemals eine Veränderung in der Strömungsrichtung über die Grenzen dieser Kanäle hinaus statt.

Sehr wahrscheinlich in Folge einer, durch die Saftströmung eintretenden, örtlichen Anhäufung des Ptychodesafts, sehen wir, in gewissen Entwickelungsstadien der Zelle und zu bestimmten Zwecken, den Ptychoderaum nach dem inneren Zellraume hin, durch Einstülpung der inneren Schlauchhaut, sack- oder schlauchförmig sich erweitern (Taf. II, Fig. 24—26 aus dem Endosperm des Kürbis, Taf. III, Fig. 3 unten: aus dem Fruchtfleische des Kürbis, Taf. III, Fig. 25 a b aus den Samenlappen von Phaseolus). In diese Einstülpung tritt dann der Zellkern, erhält dadurch eine zur Zelle centrale Stellung, und entwickelt von dort aus, durch Makrophysalidenbildung, einen neuen Ptychodeschlauch, während der aus dem Kernkörperchen regenerirte Zellkern, in einem Zellkernbeutel liegend, durch die von letzterem ausgehenden, radialen Intracellularkanäle in der Mitte des Zellraums festgehalten wird (Taf. II, Fig. 19, 23). In diesem Zustande sieht man dann den Ptychodesaft durch die

Ortsveränderung der in ihm enthaltenen festen Körper, vermittelst der Intracellularkanäle, theils aus dem Zellkernbeutel in den peripherischen Ptychoderaum, theils aus letzterem in den Zellkernbeutel strömen. Taf. II, Fig. 23 zeigt in a b c das Fortrücken fester Körper in ein und demselben Kanale.

Im Gegensatze zum Ptychodesafte erscheint der Saft des Zellraums stets wasserklar, oft gefärbt (Taf. III, Fig. 43 Zelle der Staubfädenhaare von Tradescantia virginica). In letzterem Falle, aber auch aus ungefärbten Zellsäften (Markzelle junger Sprossen von Rosa, Mahonia etc.) liefert wasserfreier Alkohol einen flockigen, sich körnelnden Niederschlag, der in nachgegebenem Wasser sich vollständig wieder auflöst. Das Vorhandensein von Pflanzensäuren lässt sich durch Ammoniak nachweisen. Taf. IV, Fig. 17 a—w giebt Abbildungen der durch Karmin-Ammoniak aus Zellsäften ausgeschiedenen Krystallformen (Vitis, Lupinus, ein Mehreres bei den Einschlüssen des Klebermehls). Alle natürlich gebildeten Krystalle liegen im Safte des inneren Zellraums; organisirte Körper habe ich darin nie gefunden.

Ohne Zweifel findet ein Austausch der Säfte zwischen den Nachbarzellen statt; die ganze Saftbewegung in der Pflanze beruht hierauf. Dass es die Tipfelkanäle seien, durch welche dieser Austausch vermittelt werde, ist höchst wahrscheinlich, ob aber der Austausch von Ptychoderaum zu Ptychoderaum oder ob er von Zellraum zu Zellraum vor sich gehe, wird so lange unentschieden bleiben, bis der Fund eines instructiven Objects uns belehrt, ob beide Schlauchhäute, oder ob nur die äussere Schlauchhaut, der Schlichthaut des Tipfelkanals adhäriren. Ist letzteres der Fall, so muss der Saft auf seiner Wanderung von Zelle zu Zelle zunächst die Ptychoderäume passiren, und es ist dann wahrscheinlicher: dass der Zellraum das Reservoir für die ruhenden, vom Ptychodeschlauche nach innen abgeschiedenen, höher organisirten Säfte und Stoffe sei, dass dagegen der Säfteaustausch zwischen Nachbarzellen von Ptychoderaum zu Ptychoderaum stattfinde, wofür auch manche andere Gründe sprechen, namentlich die lebhafte Bewegung des Ptychodesafts, die man alsdann mit der Saftbewegung der ganzen Pflanze in Zusammenhang bringen kann; die stofflichen Verschiedenheiten des Inhalts der Zellräume benachbarter Zellen, erkennbar an deren Farbenverschiedenheit z. B. im bunten Blumenblatte und endlich die nachgewiesene Entstehung des inneren Zellraumes aus einem oder mehreren Physaliden, die, wie ich gezeigt habe, aus dem Zellkerne entstehen und, wie letzterer selbst, den Stoff für ihr Wachsthum aus dem Ptychoderaume beziehen müssen.

3. Die Selbsttheilung des Ptychodeschlauches.

§. 31. Die bei weitem vorherrschende Art der Zellenmehrung beruht auf Abschnürung des Ptychodeschlauches zu Tochterschläuchen, deren jeder sich darauf zur Wandung einer neuen Mutterzelle entwickelt, nachdem, von dem durch eine Einstülpung in den Zellraum getretenen Zellkerne aus, ein neuer Ptychodeschlauch entstanden ist.

Der Ptychodeschlauch wird nicht abgeschnürt durch die jüngsten Celluloseschichten einer vorgebildeten Zellwandung, wie dies auf den ersten Blick und ohne Studium der Entwickelungsfolgen allerdings der Fall zu sein scheint, sondern er schnürt sich selbstständig ab, und wenn wir bei einigen Algengattungen häufiger eingefaltete Celluloseschichten zwischen je zweien, unvollkommen geschiedenen Gliedern auffinden, so ist dies als eine vereinzelt auftretende Abnormität zu betrachten, der zu Folge der Ptychodeschlauch vor vollendeter Abschnürung zur Zellwandung erstarrt. In der Bot. Zeitung 1855, S. 409, Taf. IV, Fig. 3 habe ich an Cladophora glomerata nachgewiesen: dass die verschieden weit entwickelten Einfaltungen der Cellulose-Schichtungscomplexe verschiedenen Alterszuständen des Ptychodeschlauches angehören, und dass die Abschnürung der jüngeren Ptychodeschlauch-Generationen, in den meisten Fällen, der Abschnürung älterer Generation bedeutend vorangeschritten sei, daher nicht eine Wirkung letzterer sein kann.

Den einfachsten Vorgang selbstständiger Theilung des doppelhäutigen Ptychodeschlauches zu Tochterzellen, zeigen uns die Oberhautzellen an der Basis junger Blätter der Liliaceen, Asphodeleen, Amaryllideen etc. Taf. II, Fig. 59 zeigt einen nackten Ptychodeschlauch mit eingelagertem, wandständigem Zellkerne (die Wandung der Mutterzelle ist nicht mit gezeichnet, wie das z. B. in Taf. I, Fig. 24 geschehen ist). Fig. 60 ist der Zellkern durch eine Einstülpung der inneren Schlauchhaut in die Mitte der Zelle getreten. In Fig. 61 sehen wir, anstatt der Einstülpung, eine vollständige Abschnürung nur der inneren Schlauchhaut in zwei gleichgebildete, einhäutige Tochterschläuche mit zwischengelagertem, centralem Zellkerne. Es ist dies nichts weiter als eine Verbreitung der Einstülpung in der Aequatorialebene der Zelle, verbunden mit einer Verwachsung der, die Einstülpung be-

grenzenden und der nicht in dieselbe eingegangenen Hautflächen, wo diese sich treffen. Jetzt beginnt die Selbsttheilung des centralen Zellkerns, über welche ich bereits im §. 19 gesprochen habe (Taf. II, Fig. 16—18, Fig. 20*, 25*). Erst wenn die Theilung des Zellkerns in zwei Tochterzellen vollendet ist, schnürt sich nun auch die äussere Schlauchhaut (Ptychoide) und zwar in derselben Theilungsebene ab, wie vorhergehend die innere Schlauchhaut so dass, wenn die in Fig. 62 dargestellte Abschnürung der Ptychoide vollendet ist, jeder der nun fertigen, doppelhäutigen Tochterschläuche eine Zellkernhälfte erhält, die sich rasch zum normalen Zellkerne ergänzt. Es sind daher alle Bestandtheile des Mutterschlauches halbirt in die beiden Töchterschläuche übergegangen (Bot. Zeit. 1854, S. 893 „Ueber das Verhalten des Zellkerns bei der Zellentheilung").

Das Auffallendste bei diesem Vorgange ist die Abschnürung der Ptychoide, da wir dabei weder eine zusammenziehende noch eine treibende Ursache entdecken können, während für die Abschnürung der Ptychode eine örtliche Anhäufung des strömenden Ptychodesafts als treibende Ursache wenigstens hypothetisch angenommen werden kann. Berücksichtigt man aber, was ich über die contractile Eigenschaft der Schlauchhäute gesagt habe (§. 26), und dass diese durch den inneren Zellsaft in einem gespannten Zustande erhalten werden, so liesse sich die Erscheinung wohl auf jene Eigenschaft der Contraction zurückführen, wenn wir annehmen: dass, nach vollendeter Abschnürung der inneren Schlauchhaut, der Druck des spannenden Zellsafts auf die Abschnürungsfläche in irgend einer Weise aufgehoben oder verringert werde, so dass die äussere Schlauchhaut ihr Contractionsvermögen in dieser Richtung zur Geltung bringen kann.

Dieser einfachste, an die Furchung des thierischen Dotters erinnernde, Vorgang der Schlauchtheilung erleidet nun aber häufig Abänderungen in einer oder der andern Weise. Ich habe mehrere derselben im zweiten Theile dieser Schrift, §. 55—60 geschildert, und erlaube mir dorthin, wie auf die oben bezeichneten Abhandlungen der botanischen Zeitung zu verweisen.

4. Abweichende Ansichten.

§. 32. Ich übergebe die Ansichten derjenigen Forscher, die im Ptychodeschlauche überhaupt nichts weiter erkennen als eine der Zellwand angelagerte Schleimschicht, deren äussere, erhärtete Grenze zu den Ablagerungsschichten der Zellwand sich ausbilde, während den inneren, flüssigen Schleimschichten die körnigen und bläschenförmigen Körper beigemengt sind, und wende mich zur herrschenden Ansicht derjenigen Physiologen, die einen Ptychodeschlauch (Primordialschlauch) als gesondertes Organ der Zelle, aber weder die Duplicatur noch die Permanenz desselben anerkennen.

Nach dieser Ansicht besteht der Ptychodeschlauch nur aus einer Schlauchhaut, deren innerer Seite sich eine, frei aus dem Zellsafte abgesonderte, Schleimschicht (Protoplasma) anlagert, während die äussere Seite der Zellwandung anliegt. Ein Unterschied zwischen Häuten und Ablagerungsschichten der Zellwand besteht nach diesen Ansichten nicht, letztere werden vom Ptychodeschlauche nach aussen abgeschieden und verdicken in schlauchförmigen Lagen die Zellwand nach und nach. Die Zusammensetzung der Zellwand aus einem spiralig gerollten Astathebande, überall nachweisbar wo der Tipfel zwischen den Rändern eines Spaltes liegt, wie in Taf. II, Fig. 40, ist diesen Forschern unbekannt, würde sich auch mit ihren Ansichten nicht vereinen lassen. Ebenso wenig liegt in deren Annahme die Möglichkeit einer Erklärung, warum über dem Tipfel und im Tipfelkanal, warum zwischen den Windungen der Spiral- oder Ringfaser eine Ablagerung von Zellstoff nicht stattfindet, während die von mir nachgewiesene Entwickelung der Zellwand, zwischen zwei, in bestimmten Flächen untereinander verwachsenden Ptychodehäuten, die Thatsache in sehr einfacher Weise erklärt.

Nach jenseitiger Ansicht müssten daher alle flüssigen und festen Bestandtheile des Zelleninhalts in ein und demselben Gefässe, im Innern des einfachen Ptychodeschlauchs enthalten sein. Aus der unverbürgten Annahme: dass die, aus der Zellflüssigkeit abgeschiedene und auf der inneren Fläche der einfachen Schlauchhaut niedergeschlagene, Schleimschicht durch Jodlösung braun gefärbt wird, folgert man, dass sie stickstoffhaltiger Natur sei und daraus schliesst man weiter, dass alle die verschiedenen, ihr beigemengten, festen Gebilde: dass der Zellkern und das Stärkemehl, das Chlorophyllkorn und das Saftbläschen aus ihr unmittelbar zusammentreten, und deshalb hat man sie Ur-Bildungssaft, Protoplasma, genannt.

Der Name Protoplasma kann sich doch immer nur auf den noch formlosen, flüssigen Theil der Schleimschicht, nicht auf die bereits gebildeten, ihr beigemengten, festen Körper beziehen. Wie ich bereits erwähnt habe, ist es mir sehr zweifelhaft, ob dieser flüssige Bestandtheil durch Jodlösung in irgend einem Falle braun gefärbt

werde. Ich habe vorstehend Fälle nachgewiesen, in denen dies ganz gewiss nicht geschieht. In den meisten Fällen ist das um so schwieriger festzustellen, da Jodlösung selbst braun ist, braune Färbung durch Jod also immer noch nicht als Reactionserscheinung betrachtet werden darf, wie die blaue Färbung durch das braune Jod, wie die rothe Färbung durch das ungefärbte, salpetersaure Quecksilberoxyd. Aber auch angenommen: es werde das flüssige Protoplasma in manchen Fällen reactiv durch Jodlösung braun gefärbt, so wäre dies noch keineswegs ein sicheres Zeichen stickstoffhaltiger Natur, denn viele Pflanzentheile, die durch Jod sich braun färben, werden durch salpetersaures Quecksilberoxyd nicht ziegelroth und viele stickstoffreiche Körper werden durch Jodlösung nicht braun gefärbt. Selbst angenommen: die braune Färbung durch Jod sei hier ein richtiges Zeichen stickstoffhaltiger Natur, wer bürgt denn dafür, dass gerade der Stickstoffgehalt Kennzeichen protoplasmatischer Eigenschaft sei; dass die überwiegende Masse stickstofffreier Pflanzenkörper nicht ebenso gut aus einem von Stickstoff freien Bildungssafte entstehen könne.

Nun werde ich aber im Verlauf dieser Arbeit mit vielen Beispielen belegen, dass der Zellkern und alle die übrigen, festen Bestandtheile gar nicht im Ptychoderaume oder in der sogenannten Protoplasmaschicht, sondern, dass sie im Zellkerne selbst entstehen, und dass der Ptychoderaum nur die Stätte ist, in welcher der Zellkern sich verjüngt, nachdem er seinen Kernstoff an den Ptychoderaum abgegeben hat, in welcher sich das Chlorogenkorn zum Cellulosekorn oder zum Saftbläschen, zu Stärkemehl oder Klebermehl weiter ausbildet, wenn dies nicht schon früher, oft sogar noch innerhalb des Zellkerns geschehen ist, womit die Behauptung protoplasmatischer Eigenschaften dieses Safts jede Stütze verliert. Es giebt kein Protoplasma, keinen formlosen Bildungsstoff, aus welchem organisirte Körper des Zellraums unmittelbar entstehen. Das Protoplasma ist das Gespenst des entschlafenen Cambium Duhamel's.

Es soll ferner der protoplasmatische Schleim mit dem Zellsafte in ein und demselben Gefässe enthalten und dennoch sollen beide dauernd voneinander geschieden sein, obgleich Niemand bestreiten kann, dass beide Flüssigkeiten wässriger Natur sind, **dass beide sich in dem Momente miteinander vermischen, in welchem sie der durchschnittenen Zelle gemeinschaftlich entströmen** (Chara, Nitella, Hydrocharis). Der wasserklare, oft gefärbte Zellsaft soll die Mitte des Zellraums füllen, die getrübte, ungefärbte, schleimige, daher wahrscheinlich consistentere und schwerere Flüssigkeit, gemengt mit grösseren und kleineren Körnchen und Bläschen, soll die innere Seite des Ptychodeschlauchs nicht allein in einer mehr oder minder dicken Schicht bedecken, sondern sich an ihr in Strömen auf- und abbewegen. Noch mehr! Diese Säftemasse soll sich in vielen Fällen von der Protoplasmaschicht der Schlauchwandung theilweise trennen, auf- und absteigend, in unendlich zarten Strömen, ohne Haltpunkt die wasserklare Flüssigkeit des Zellraums durchwandern, Stärkemehl und Chlorophyllkörnchen mit sich führend, oft vom zwei oder dreifachen Durchmesser des Saftstromes selbst. Das ist aber noch nicht genug! Der massige, in den grossen Zellen des Endosperm der Cucurbitaceen, Amygdaleen etc. oft den dritten Theil des Zellendurchmessers einnehmende, im ausgepressten Zellsafte sofort zu Boden sinkende, daher verhältnissmässig gewiss sehr schwere Zellkern, wird durch Ströme fliessenden Safts in der Mitte der Zelle schwebend erhalten, wie z. B. Taf. II, Fig. 19, 23; Taf. III, Fig. 1, 12 a b, Fig. 23.

Das sind ja aber alles Annahmen, die den einfachsten, physikalischen Gesetzen widersprechen. Gewiss giebt es Erscheinungen im Pflanzenleben, die sich aus der Wirkung allgemeiner Naturkräfte nicht erklären lassen, für die wir an die Stelle einer Erklärung das verpönte Wörtchen „Lebenskraft" setzen müssen; aber nun und nimmermehr steht eine dieser Erscheinungen im Widerspruch mit bekannten, allgemeinen Naturgesetzen. Gleichgewicht und Bewegung, Schwere, Wärme, Affinität äussern sich innerhalb der Grenzen organischer Wesen ebenso wie ausser ihnen. Das ist ja die allgemein anerkannte Basis neuerer Naturforschung, von Vielen, selbst unter den Vertheidigern der eben besprochenen Ansicht, ausgedehnt bis zur Verleugnung eines Wirkens anderer als allgemeiner Naturkräfte auch im Bereiche des Organismus. Wie wollen diese Physiologen die Behauptung damit vereinen: dass ein, oft kaum den tausendsten Theil einer Linie starker, Strom einer consistenteren, wässrigen Flüssigkeit, frei und andauernd, auf- und absteigend sich bewegen könne in einer gleichfalls wässrigen, minder consistenten Flüssigkeit, dabei noch schwere, massige Körper mit sich führend. Wenn unsere Bäche und Flüsse heute ihr Bette verliessen und in Gesellschaft ihrer erratischen Blöcke und Rollsteine einen Spaziergang durch die Luft machten, es würde das nicht wunderbarer sein!

Uebrigens glaube man nicht, dass die inneren Schlauchhäute und die häutige Grenze der Ptychodekanäle sich überall hartnäckig der direkten Beobachtung entziehen. Wo ein grosser Zellkern wandständig im Ptychode-

raume lagert, da sehe ich überall die ihn bedeckende Innenhaut als eine scharf gezeichnete Linie. In den sehr durchsichtigen und grossen Zellen des Fruchtfleisches der Pflaumen, der Kürbisse, in den jungen Trieben von Ricinus, in den jungen Wurzelknollen von Ranunculus Ficaria, in den Haaren vieler Pflanzen, in den Zellen der Spirogyren etc. sehe ich nicht allein den vom Zellrande zum centralen Zellkerne hin- und zurückströmenden Saft, sondern auch sehr deutlich die häutige Begrenzung dess lben in zwei scharfen, unveränderlichen Linien, die beim Durchgange fester Chlorophyll- oder Stärkemehlkörnchen in dem Maasse auseinander treten, als die Grösse des durchgehenden Körpers dies fordert, ähnlich einem elastischen Schlauche, in dessen Raume ein dicker Knotenstock fortgeschoben wird. Wenn solches nun allerdings nicht in allen Fällen deutlich erkannt werden kann, so liegt es meines Erachtens doch viel näher, den Grund hiervon in Verhältnissen zu suchen, welche die Beobachtung erschweren, als zu so unhaltbaren Hypothesen seine Zuflucht zu nehmen, wie es die vorstehende ist.

Auf der Basis meiner Beobachtungen steht die Bewegung des Ptychodesafts wenigstens nicht im Widerspruch mit allgemeinen Naturgesetzen. Bewegt sich der Saft in einem, aus zwei Schläuchen und den verbindenden Ptychodekanälen bestehenden, geschlossenen Gefässe, dessen Wände ihn von dem wasserklaren Zellsafte scheiden, so bleibt eben nur die Ursache der Bewegung unerklärt, wie so vieles Andere im organischen Leben.

v. Mohl hält den Ptychodeschlauch (Primordialschlauch) für ein, nur dem jugendlichen Zustande der Zelle eigenthümliches Gebilde, das später resorbirt werde und verschwinde. Ohne Zweifel hat er sich zu dieser Ansicht leiten lassen durch das Fehlen dieses Organs in den ausgebildeten Fasern, Röhren und Spiralfasern des Holzkörpers wie im fertigen Korkzellgewebe. Selbst in vielen und zwar in solchen Markzellen fehlt der Schlauch, die im höheren Alter nur Luft führen (Fraxinus, Aesculus, Acer, Juglans etc.). Allein dies Verschwinden beruht nicht auf einer Resorbtion des Schlauches, sondern auf der Umwandlung desselben in einen letzten, innersten Ablagerungsschichten-Complex, ohne dass damit, wie gewöhnlich, eine Regeneration des Ptychodeschlauches verbunden ist. Dieser innerste Schichten-Complex kann sogar unter Umständen in die Natur eines vollständigen, doppelhäutigen Ptychodeschlauches zurückschreiten. Dies findet statt: alljährlich beim Beginn der neuen Holzbildung im Innern der äussersten Holzfasern des letzten Holzringes, es zeigt sich bei der Tillenbildung im Innern der Holzröhren des Laubholzes, ferner bei einigen Reproductions-Erscheinungen, und endlich bei der Bildung der secundären Markstrahlen aus bereits völlig entwickelten Holz- und Spiralfasern, im Radius geschlossener Faserbündel (Knospe von Pinus austriaca). Es findet sehr wahrscheinlich statt: überall wo auch in ächten Holzfasern alter Jahreslagen alljährlich Stärkemehl sich bildet und wieder auflöst (Acer, Robinia, Platanus), da es höchst unwahrscheinlich ist, dass hier die Mehlbildung ohne Hülfe eines Zellkerns und eines Ptychodeschlauches, also in ganz anderer Weise als in den Zellen des Markes und der Rinde vor sich gehe. Leider ist es mir bis jetzt noch nicht gelungen, den für die Beobachtung des Sachverhalts richtigen Zeitpunkt zu treffen, der jedenfalls ein rasch vorübergehender ist.

Dagegen kann man sich leicht überzeugen, dass in Blättern, Früchten, Rinden, im Marke vieler Gewächse, im Telienchym der Bastlagen, die Ptychodeschläuche sich bis zum Lebensende der Zelle unverändert und lebenskräftig erhalten. Die äussersten, grünen Rindezellen der hundertjährigen Rothbuche, die wenigstens theilweise ein hundertjähriges Alter besitzen, zeigen den Ptychodeschlauch so schön wie die jüngsten Zellen.

B. Die Zellwandung.

1. Entstehung der Zellwand aus dem Ptychodeschlauche.

§. 33. Wir sahen, wie aus dem ersten Zellkerne der Pflanze durch Physalidenbildung der erste, nackte Ptychodeschlauch entstand (§§. 12, 14; Taf. I, Fig. 19—22, Fig. 42—47; Taf. II, Fig. 27—32); wie in den Raum des gebildeten Ptychodeschlauches die übrigen Kernstoffkörper des ursprünglichen Zellkerns sich vertheilen, während das Kernkörperchen desselben zu einem neuen Zellkerne heranwächst (§. 13; Taf. I, Fig. 21, 22, Fig. 18—15, Fig. 44—46); wie der neue Zellkern einen neuen Ptychodeschlauch (Fig. 23 p^2) im Innern des ersten Schlauches (p^1) bilde, während der erste Ptychodeschlauch zur Zellwandung erstarrt (Fig. 24, Fig. 47—49).

Die Umbildung des ersten Ptychodeschlauches in die erste Zellwandung (Cambialwandung), möge Ersterer unmittelbar aus dem Zellkerne hervorgegangen (Taf. I, Fig. 19—22), oder durch Selbsttheilung eines vorgebildeten Ptychodeschlauchs entstanden sein (Taf. II, Fig. 14—18), entzieht sich hartnäckig direkter Beobachtung,

einestheils weil diese Umbildung in den jugendlichsten Zustand der Zelle fällt, anderentheils weil auf die Ausbildung dieser, in den meisten Fällen nur geringe Dicke erreichenden Zellwandung, eine sehr geringe Stoffmenge verwendet wird.

Die einzige, unmittelbare Beobachtung dieser Art ist mir am reifenden Samenkorne von Atragene und Clematis geglückt, zur Zeit wenn die ersten Zellenlagen des, allseitig im Umfange des Keimsäckchens radial sich entwickelnden, Endosperm entstanden sind (in der ersten Hälfte des August). Taf. II, Fig. 27—33 giebt die Entwickelungsfolge dreier Endospermzellen aus einem Zellkerne (§. 16). Hier ist es wo die Zellwände der benachbarten Zellen ungewöhnlich lange von einander getrennt bleiben und sehr deutlich eine ziemlich grobkörnige Struktur zeigen, als wenn sie aus einer grossen Zahl, in der Wandungsfläche untereinander verwachsener, Körnchen gebildet wären. Taf. II, Fig. 33 giebt eine Ansicht hiervon. Erst später verschwindet diese körnige Struktur und ändert sich um, in das gewöhnliche, glasähnliche Ansehn zarter Zellwände.

Was man aber überall leicht beobachten kann, das ist die Füllung des noch nicht zur Zellwand umgebildeten Ptychoderaumes mit einem getrübten Safte, in welchem eine grosse Zahl körniger Körper vertheilt sind, die in vielen Fällen durch ihre grüne Farbe sich als Chlorophyllkörnchen zu erkennen geben (Taf. I, Fig. 21, 22), in den meisten Fällen aber ungefärbt sind (Taf. I, Fig. 47—49) und weder durch Jod noch durch salpetersaures Quecksilber, noch durch Karmin gefärbt werden. Diese körnigen Körper verschwinden später und es tritt an ihre Stelle die wasserklare Zellwand. Finden wir nun an letzterer die beiden Schlauchhäute als äussere und innere Grenzschicht stofflich unverändert wieder auf, wie das in der That der Fall ist, so dürfte gegen die Annahme wenig einzuwenden sein: dass die, zwischen den beiden Grenzhäuten gelagerte, Celluloseschicht entstanden sei durch Umbildung und gegenseitige Verwachsung der vom Zellkerne ausgegangenen, durch Selbsttheilung vermehrten Kernstoffkörper des Ptychoderaums.

Bei der grossen Uebereinstimmung, die, wie ich im dritten Theile zeigen werde, zwischen den Schichten der Zellwand und der Schichtenbildung des Stärkemehlkorns stattfindet, darf man als Belag der Schichtenbildung aus vorgebildeten körnigen, organisirten Körpern auch diejenigen Fälle hierherziehen, in denen das Stärkemehl ein und desselben Samenkorns theilweise aus deutlich geschiedenen, ungeordneten, kleineren Körnchen zusammengesetzt ist (Taf. II, Fig. 53 aus Cenchrus echinoides), während in anderen Mehlkörnern die Körnchen concentrisch gelagert sind (Fig. 55), in noch anderen Körnern die körnige Struktur gänzlich verschwunden und an deren Stelle deutliche Schichtung getreten ist (Fig. 53). Dass die kleinen Mehlpartikel organisirte d. h. hüllhäutige Körper seien, lässt sich hier zwar nicht mehr nachweisen, es spricht aber dafür der Vergleich mit dem gleich gebauten Mehlkorne von Victoria und Nuphar (Taf. III, Fig. 38 das Grosskorn, Fig. 41—44 die noch deutlich componirten Kleinkörnchen). Dass im Cenchrus-Mehle die Schichten aus der Verwachsung vorgebildeter Körnchen hervorgehen, darf man wohl als gewiss annehmen.

Aus den im dritten Theile mitgetheilten Entwickelungsfolgen wird unwiederleglich hervorgehen: dass die vom Zellkerne scheidenden Kernstoffkörper in Chlorophyll, Stärkemehl, Klebermehl sich umzubilden befähigt sind. Ist das der Fall, so werden sie auch in Cellulosekörper sich umzuwandeln befähigt sein, und es kommt nur darauf an, Fälle nachzuweisen, in welchen der Ptychoderaum organisirte Körper enthält, die weder unveränderte Kernstoffkörper sind, da sie keinen Karmin aufnehmen, noch Chlorophyllkörper, da sie farblos sind, noch Stärkemehl, da sie von Jod nicht blau gefärbt werden, noch Klebermehl, da sie salpetersaures Quecksilber ungefärbt lässt, deren Zusammenwachsen zum Astathebande der Zellwandung direkter Beobachtung zugänglich ist.

§. 34. Einen solchen Fall habe ich Taf. II, Fig. 45, 46 aus der Fichtenknospe dargestellt. Dicht unter dem nächstjährigen, embryonalen Triebe im Innern der Fichtenknospe, erkennt man an Längenschnitten eine Stelle, von der sich das Mark in sehr auffallender Weise zurückgezogen hat, so dass die innere Fläche des Faserbündelkreises dadurch blosgelegt ist. Entnimmt man dieser Stelle Querschnitte, zur Zeit wenn im Frühjahre die Triebbildung beginnt, so erhält man Ansichten der Faserdurchschnitte wie Fig. 46 darstellt. Die der Markröhre zunächst liegenden Faserdurchschnitte zeigen die Zellwandung (w) noch im cambialen Zustande. Es ist eine einzige, wenn auch sehr verdickte Wandung, durchbrochen von einfachen Tipfelkanälen, die den Ptychodeschlauch (p) einschliesst, dessen Inhalt hier noch aus kleinkörnigen, im Ptychodesafte vertheilten Körpern besteht. Im Durchschnitte einer, weiter nach der Rinde hin gelegenen, Holzfaser (b) ist die Cambialwand noch unverändert, in der Säftemasse des Ptychodeschlauches sieht man aber grössere, stärkemehlähnliche, ungefärbte Körper (z), die jedoch durch Jod nicht gefärbt werden. In c beginnt die Reduction der Cambialwandung, während die

Cellulosekörper (z) des Ptychoderaums zu einer neuen, inneren Zellwand zusammengewachsen sind. In d ist die Reduction der Cambialwandung vollendet; sie besteht jetzt nur noch aus einer äusserst schmalen, wesentlich nur noch aus den beiden ursprünglichen Schlauchhäuten gebildeten Schicht, die daher von Jod und Schwefelsäure auch nicht expandirt, nicht blau gefärbt wird, wie dies der Natur der Schlauchhäute entspricht, während der Ptychodeschlauch (p in a) in d den bei weitem überwiegenden Theil der Wandungsdicke bildet. Offenbar hat sich die zweite, innere Zellwandung (in d) auf Kosten der Cambialwandung ausgebildet. In c ist ein streng gezeichneter Fall dargestellt, in welchem die dem Marke zugewendete Seite der Holzfaser noch bedeutende Reste der Cambialwandung besitzt, während auf der der Rinde zugewendeten Seite dieselbe bis auf den häutigen Bestand gänzlich resorbirt ist.

Während der Ausbildung zweiter Zellwandung auf Kosten der ersten, verwandeln sich die, in a einfachen Tipfelkanäle in die, der fertigen Holzfaser des Nadelholzes eigenthümlichen, grossen Hoftipfel. Es sind dies Gegenstände, auf die ich erst in meiner folgenden Arbeit „Knospenleben" näher eingehen kann. *)

Fig. 45 giebt die Längenansicht einer Fichten-Holzfaser aus der Knospe, nur insofern schematisch, als ich die, den verschiedenen Entwickelungszuständen und Querflächen in Fig. 46 entsprechenden, Längenansichten in ihr in eine Faser zusammengestellt und mit gleichen Buchstaben bezeichnet habe. In der Spitze der Faser ist die Cambialwandung mächtig entwickelt, einfach getipfelt; nach unten verringert sich die Dicke dieser Wandung allmählig, es tritt, vom zweiten Ptychodeschlauche ausgehend, der Hoftipfel an die Stelle des einfachen Tipfelkanals. In der Spitze der Faser enthält der Ptychodeschlauch in seinem Safte eine Menge trüber, schwach milchweisser Körnchen, die nach unten hin allmählich grösser und eingedrückten Stärkekörnchen ähnlich werden, sich zu dickwandigen, geschichteten Schläuchen ausbilden, die dann untereinander zum Astathebande verwachsen.

Hier sind es also nachweisbar organisirte Körper des Ptychoderaumes, welche zwischen den bleibenden Schlauchhäuten zum Astathebande (Fig. 40 a) zusammenwachsen und zu den, oft lange Zeit oder für immer sich erhaltenden, spiraligen Configurationen der Zellwandung Veranlassung werden. Die Holzfasern der meisten Pflanzen sind in dieser Weise entwickelt, und was man hier und da „primäre Zellhaut" genannt hat, ist nichts Anderes als der, in Schwefelsäure relativ unlösliche, häutige Rest der Cambialwandung. Auch ohne Studium der Entwickelungsgeschichte erkennt man dies leicht an zarten Querschnitten von der Grenze zwischen fertig gebildetem Holz- und Bastkörper, woselbst man in den meisten Fällen die Cambialwandung, von den Fasern des Telienchyms aus, ununterbrochen mehr oder weniger weit in den Holzkörper hinein, zwischen den Zellwänden zweiter Generation verfolgen kann, wie dies aus Nachfolgendem näher hervorgehen wird.

§. 35. Im Mai, zur Zeit lebhaften Zuwachses, erkennt man die Grenze zwischen Holz und Bast fortdauernd (Bot. Zeitung 1853, S. 572) an der Verschiedenheit der Tipfelung, die auf Seite des Holzkörpers eine einfache (Taf. II, Fig. 40, 42, 45, 46), auf Seite des Bastkörpers eine componirte ist (Taf. II, Fig. 42, 44). In allem Uebrigen ist die junge Holzfaser und die junge Bastfaser durchaus gleichgebildet, sowohl was den Bau der Zellwand als was den Ptychodeschlauch betrifft. In beiden ist die Zellwand einfach (Cambialwandung), quillt durch Schwefelsäure zu bedeutender Dicke an, zeigt alsdann eine grosse Zahl von Ablagerungslamellen, die von Jod blau gefärbt werden, während die, der äussersten und innersten Lamelle adhärirenden, Schlauchhäute durch ihre, vom Jod braune Farbe sich auszeichnen. Abgesehen von der Verschiedenheit in der Tipfelung tritt ein Unterschied zwischen Holz- und Bastfasern erst mit der Verholzung ersterer ein, die darin besteht, dass deren Ptychodeschlauch zu einer zweiten Zellwandung sich umbildet und zwar ebenso, und ebenso unter Reduction der Cambialwandung, wie dies Taf. II, Fig. 46 in der Entwickelungsfolge a—d zeigt, nur dass die Cambialwandung hier nie die ungewöhnliche Dicke erlangt wie in der Fichtenknospe. In der Bastschicht hingegen erleidet nur ein Theil der Fasern dieselbe Umbildung des Ptychodeschlauchs in eine zweite, dicke Zellwand, meist in bündelweisen Gruppen die dickwandige Bastfaser im engeren Sinne bildend, während die Mehrzahl, bei einigen Holzarten (Pinus, Populus) alle Fasern für immer im Cambialzustande verharren, daher auch immer einen freien Ptychodeschlauch enthalten.

*) Mit Wasser übersättigte Schwefelsäure leistet bei diesen und ähnlichen Untersuchungen ausgezeichnete Dienste. Ohne Veränderung der räumlichen Verhältnisse färbt sie die zweite Zellwandung, in deren jugendlichstem Zustande, nach einigen Stunden rosenroth, nach mehreren Tagen fast schwarz, während die Reste der Cambialwandung ungefärbt bleiben.

Entnimmt man Querschnitte von der Grenze zwischen Holz und Bast zur Winterszeit (man wähle das Material von unteren Stammtheilen alter, kräftig gewachsener Bäume, da die Organe hier viel grösser als in Zweigen und Reisern sind), so ist das Bild, welches man erhält, ein ganz anderes als zur Zeit wachsender Holz- und Bastringe. Alle Holzfasern, bis zur äussersten Grenze des Holzkörpers hin, haben sich durch eine zweite Zellwand verdickt, die erste Zellwand ist auf eine so geringe Dicke reducirt, dass man sie nur auf sehr dünnen, gelungenen Querschnitten, und nur bei starker Vergrösserung und guter Beleuchtung als das erkennt, was sie wirklich ist. Verfolgt man sie im Querschnitte von der Grenze des Holzkörpers aus nach dem Baste hin, so wird man den ununterbrochenen Zusammenhang leicht erkennen, welcher zwischen den Wänden der innersten Bastfaserschichten und den reducirten Cambialwandungen der äusseren Holzschichten stattfindet.

Taf. II, Fig. 42 ist ein Querschnitt aus dem Stamme der Lärche, zur Winterszeit entnommen von der Grenze zwischen Holz- und Bastkörper. Die oberen, dickwandigen Durchschnitte gehören dem Holzkörper, die unteren, dünnwandigen gehören dem Bastkörper. Letztere bestehen nur aus einer Zellwandung, d. h. aus nur einem Schichtungscomplexe von Zellstofflamellen, aussen und innen begrenzt von den adhärirenden Schlauchhäuten. Bei a liegen zwischen den Wandungen linsenförmige Räume, mit denen der Ptychodeschlauch zweiter Generation (p) verbunden ist, nicht wie im Holze durch eine einfache, sondern durch eine mehrzählige Verwachsung zum Siebtipfel, wie dies Fig. 44 deutlicher erkennen lässt in der Seitenansicht solcher Fasern (vergl. Bot. Zeit. 1854, S. 51, Taf. I, Fig. 14—25). Nur in einzelnen Fasern hat sich auch hier der Ptychodeschlauch zweiter Generation zu einer zweiten, dicken Zellwand entwickelt (d), die Bastfaser im technischen Sinne des Wortes bildend.

In den Holzfasern vermissen wir allgemein den Ptychodeschlauch (p) der dünnwandigen Bastfasern, ebenso wie er auch den dickwandigen Bastfasern fehlt. Es ist derselbe aber nicht aufgelöst und verschwunden, sondern er hat sich in beiden Fällen in eine zweite Zellwandung umgebildet (t), die hier eine bedeutende Dicke erreicht und die Hauptmasse der Holzfaser bildet. Aber auch die erste Zellwandung (Cambialwandung) ist im Holzkörper nicht verschwunden, sondern nur auf ihren häutigen, in Schwefelsäure relativ unlöslichen Bestand reducirt, in derselben Weise, wie ich dies im Vorhergehenden und durch die Figuren 45 und 46 erläutert habe. Des besseren Verständnisses wegen, um den fortgesetzten Verlauf der Cambialwandung aus dem Bastkörper in den Holzkörper mehr in die Augen fallen zu lassen, habe ich Fig. 42 die Cambialwandung im Bereiche des Holzkörpers viel dicker gezeichnet als sie wirklich ist. In der That erscheint sie im Holzkörper nach vollendeter Reduction als eine scheinbar strukturlose, zwischen den dicken Zellwandungen zweiter Generation abgelagerte, den Nachbarfasern gemeinschaftliche Zwischensubstanz, deren mittlere Trennungslinie nur in den Intercellularräumen, und im Umfange der auch hier intercellularen Hoftipfel (r) erkennbar bleibt. In allen Berührungsflächen sind die reducirten Cambialwände der Holzfasern durch eine, mitunter auch die Intercellularräume füllende Kittmasse (Eustathe) so innig vereint, dass man sie mit dieser für ein ungetrenntes Ganze halten müsste, wenn nicht das Studium früherer Zustände den nachgewiesenen Ursprung darlegte.

Ich muss jedoch bemerken: dass nicht in allen Fällen die Cambialwandung auf den häutigen Bestand reducirt werde, wenn eine zweite Zellwand sich in ihrem Innern ausbildet. Besonders im Innern der Bastfaserbündel (im technischen Sinne des Wortes) erhalten sich auch in ihr noch erkennbare und von den Häuten der Cambialwand unterscheidbare, wie es scheint stofflich veränderte Schichtungslamellen. Ich habe einen solchen Fall in der Bot. Zeit. 1855, Taf. IV, Fig. IX 3 dargestellt.

Im Holzkörper findet eine Regeneration des Ptychodeschlauches, nach Umbildung des zweiten Schlauches zur zweiten Zellwandung (t) nur ausnahmsweise statt. Wo dies der Fall ist, wie z. B. häufiger in einzelnen Holzfaser-Complexen der Schwarzpappel, da folgt der dritten Ptychoderegeneration auch stets die Umbildung zu einer dritten Wandung (g). Freie Ptychodeschläuche habe ich in fertigen Holzfasern nie gesehen. Häufiger kommen solche im Innern sehr dickwandiger, aus 4—5 ineinandergeschachtelter Wandungen bestehenden Bastfasern vor (Bot. Zeit. 1855, S. 461—468, Taf. IV, Fig. IX 1—6).

§. 36. Taf. IV, Fig. 6 habe ich die Entwickelung der Zellwand aus den Samenlappen von Tropaeolum (Kapuzinerkresse) in fortlaufender Reihenfolge gegeben von dem Augenblicke an, wo die Cambialwandung fertig geworden ist, die wir in a—c als einfachen, von einfachen, enggestellten Tipfelkanälen durchbrochenen Schichtungscomplex erkennen. Von Letzterem hat sich, durch die gewaltsame Wirkung eines Reagens, der Ptychodeschlauch zurückgezogen, der, im gesunden Zustande der Zelle den Wandungen eng angeschmiegt, mit den Schlichtflächen am Grunde der Tipfelkanäle verwachsen ist.

In c enthält der Ptychodeschlauch bedeutende Mengen von Stärkemehl. In d ist der peripherische Theil des Ptychodeschlauchs mit seinem Inhalte verschwunden, die Menge des Stärkemehls im centralen Theile ist entschieden geringer als in c. Dafür sieht man in d die erste Anlage einer zweiten, in e—f allmählig dicker werdenden Zellwandung und es ist wahrscheinlich, dass der peripherische Ptychodeschlauch in c, mit seinem Inhalte an Stärkemehl zu dieser zweiten Zellwandung sich umgebildet hat. Bedenken würde ich tragen, dies auch nur als Vermuthung auszusprechen, wenn mir nicht Beobachtungen zur Seite ständen wie die an der Fichten-Holzfaser (§. 34) und am Cenchrus-Mehle (§. 81).

Diese zweite Zellwandung löst sich im Keimungsprocesse wieder auf; ihre Substanz wird, ebenso wie der Zelleninhalt an Klebermehl, verflüssigt und auf Ernährung des Keims verwendet, während die Cambialwandung, die sich selbst im reifen Samenkorne (h) noch deutlich von der zweiten, viel dickeren Zellwandung unterscheiden lässt, im Keimungsprocesse ungelöst bleibt; so dass in den ausgesogenen Samenlappen nur noch die Cambialwandung in ihrer ursprünglichen Bildung zurückbleibt (o, p).

Der Same von Tropaeolum enthält aber zu jeder Zeit, ausser diesen, auch noch die früheren Zustände der Zelle, die in sehr ausgezeichneter Weise auf früheren Entwickelungsstufen stehen blieben. Die Samenlappen verwachsen untereinander mit ihren Innenflächen. In der Nähe dieser Verwachsung sieht man im Zellgewebe sehr grosse Intercellularräume, und diese, mitten in den sehr dickwandigen Zellen liegenden, Räume enthalten unvollständig ausgebildete Zellen, theils noch im Zustande des nackten Ptychodeschlauches (Taf. IV, Fig. 6 r t), theils im Zustande der Cambialwandungszelle (s), deren Ptychodeschlauch in einigen Fällen sogar die Anlage zu einer zweiten Zellwand erkennen lässt. Alle diese unvollkommen ausgebildeten Intercellularzellen, selbst die völlig nackten Ptychodeschläuche, führen denselben Inhalt von Chlorophyll, Stärkemehl, Klebermehl, je nach dem Reifezustande des Samenkorns, wie die benachbarten, normal ausgebildeten Zellen, sind also zu allen Lebensverrichtungen eben so geschickt wie letztere; ein schlagender Beweis, dass der Ptychodeschlauch die lebensthätige Zelle, dass die Zellwand nur ihr Gehäuse ist.

§. 37. Sehr ausgezeichnet in dieser Hinsicht ist auch das Collenchym aus den Blattstielen von Tussilago Petasites. Lässt man dieselben völlig trocken werden, entnimmt man ihnen dann zarte Querschnitte, lässt man diese in einem Wassertropfen sich expandiren, so erscheint auf den ersten Blick das Zellgewebe dicht unter der Oberhaut vorherrschend zusammengesetzt aus dickwandigen, ziemlich weiträumigen Zellen, deren jede umstellt ist von sechs dünnwandigen Zellen. So täuschend dies ist, verhält sich die Sache doch ganz anders. Der Innenraum der scheinbaren, dickwandigen Zellen ist Intercellularraum, die ihn umgebende Wand ist zusammengesetzt aus Verdickungsstellen der umliegenden sechs Nachbarzellen, von denen jede nicht durch die normalen sechs Drittelsäulen (Taf. IV, Fig. 6 zwischen f—h, i—m), sondern nur durch drei derselben im Triangel verdickt ist, in Folge Verschmelzung je zwei und zwei demselben Intercellularraume anliegender Drittelsäulen.

Hier enthält nun der Intercellularraum, wie im Samen von Tropaeolum (Taf. IV, Fig. 6 s), eine äusserst zarte Cambialwandung, oft auch innerhalb derselben noch einen Ptychodeschlauch, den man zur Ansicht erhält durch Behandlung in vorerwähnter Weise präparirter Objecte vermittelst Jod und verdünnter Schwefelsäure.

In der Winterwurzel des Spargels enthalten die Intercellularräume in der Umgebung der Kleberzellen ebenfalls einen nackten Ptychodeschlauch, der hier mit den Nachbarzellen nicht verwächst. Man erhält ihn zur Ansicht, wenn man Querscheiben aus getrockneten Wurzeln flach mit Oel bedeckt, diesem dann einen Tropfen salpetersaures Quecksilber beimengt und mit einem Deckglase bedeckt. In Spargelsprossen erkennt man den intercellularen Ptychodeschlanch, mitunter recht hübsch, schon an der Beschränkung der intercellularen Luft auf die drei Ecken jedes Intercellularraumes.

§. 38. Es giebt aber auch Fälle, in denen schon die Cambialwandung eine bedeutende Dicke erlangt und als Reservestoff beim Keimungsprocesse verwendet wird. Das ist der Fall im Perisperm mancher Sämereien aus den Familien der Palmen, Lilien, Asphodeleen, in denen die bei weitem grösste Menge der Reservenahrung aus den bis auf ein kleines Lumen verdickten Zellwandungen besteht. Taf. II, Fig. 41 zeigt den Querschnitt einer solchen, von Theilen der sechs Nachbarzellen begrenzten, Perispermzelle aus dem, zu Stockknöpfen häufig verarbeiteten, sogenannten vegetabilischem Elfenbein (Nuss der Elfenbein-Palme). Vom kleinen Lumen der mittleren Zelle aus, sieht man vier lange Tipfelkanäle in radialer Richtung nach den Grenzen der Zelle hin verlaufen, woselbst der hier geschlossene Kanal auf einen linsenförmigen, von einer Hüllhaut ausgekleideten

Intercellularraum stösst, von dem aus, auf der entgegengesetzten Seite, der correspondirende Tipfelkanal der Nachbarzelle nach dem Lumen der letzteren hin verläuft. Im Lumen der mittleren Zelle liegt der kleine Ptychodeschlauch, dessen Schlaucharme in die Tipfelkanäle hinein erweitert sind (in die Zeichnung der Nachbarzellen ist er nicht mit aufgenommen).

Wie im Collenchym der Rinde und in manchen Zellen der Oberhaut haben wir hier einen Fall, in welchem die erste Zellwandung zu bedeutender Dicke heranwächst, eine zweite Zellwand sich nie ausbildet. Die Schichtungslamellen dieser Zellwand, 50—60 an der Zahl, sind so ausserordentlich dünn, dass man sie nur an sehr gelungenen, in der Richtung der Rinde geführten, ausserordentlich dünnen Scheibenschnitten vermittelst Einwirkung stark verdünnter Schwefelsäure, bei mindestens 400maliger Vergrösserung und bei schrägem Lichteinfall zu erkennen vermag.

§. 39. Endlich habe ich hier noch diejenigen Fälle zu erwähnen, in denen die eingeschachtelten Wandungscomplexe nicht sofort oder gar nicht in Cellulose übergehen, sondern längere Zeit als gewöhnlich oder für immer in einem weichen, schleimigen Zustande verharren. Dahin gehören die G e r b z e l l e n aus Mark und Rinde junger Triebe von Quercus, Rosa, Rubus etc., die S c h l e i m z e l l e n aus Mark und Rinde junger Triebe von Tilia und Ulmus, aus der Testa verschiedener Samenarten: Cydonia, Salvia, Plantago, die Schleimzellen mehrerer Cacteengattungen: Cereus, Opuntia, Pereskia, Lepismium, Rhipsalis, in denen die Schleimschichten erst nach vielen Jahren in Cellulose sich verwandeln. An einem 12—15jährigen Stammtheile von Cereus grandiflorus wurden die, jetzt erst wachshart und schneidbar gewordenen, Schleimschichten wie Cellulose von Jod und Schwefelsäure blau gefärbt, eine Reaction, die in jüngeren Schleimzellen nicht eintritt. In einer Abhandlung der Bot. Zeitung „Ueber Bildung der Ablagerungsschichten" (1855, S. 185) habe ich hierüber berichtet.

Für die Untersuchung der Gerbzellen sind kräftige Wurzelschösslinge von Rubus am besten geeignet, bald nach ihrem Hervortreten aus dem Boden. Steigt man in Querschnitten aus den jüngsten Internodien aufwärts, so gelangt man an Höhepunkte, woselbst der durch Eisenchlorid-Chlorzink sich blau färbende Inhalt der Gerbzellen in zwei breiten Schichten um einen, durch Eisenchlorid nicht gefärbten, grünlichen, centralen Zellkern gelagert ist. Diese Schichten stimmen in ihren Form- und Lagerungsverhältnissen mit den Ablagerungsschichten-Complexen der Zellwand so vollkommen überein, dass ich nicht zweifle, es sei hier der Wandungsstoff (Cellulose) ersetzt durch jene wachsharte, von Eisenchlorid und schwefelsaurem Eisenoxyd blau, von salpetersaurem Quecksilberoxyd ziegelroth, von Jodglycerin gelb gefärbte Substanz, die mit der Bereitung der, das ganze Zellgewebe durchtränkenden, Gerbstofflösung ohne Zweifel in Beziehung steht.

An Querschnitten kräftiger, junger Triebe der Rüster und Linde sieht man die dünnwandigen Zellen des Markes und der Rinde einen, nach der Mitte der Zelle comprimirten, faltigen Ptychodeschlauch mit meist wandständigem Zellkerne einschliessen, wenn man die Schnitte unter Deckglas in Karminwasser betrachtet. Giebt man den Scheibenschnitten anstatt dessen Chlorzinklösung, der man zuvor einen Tropfen Jodalkohol zusetzte, so zieht sich die, zwischen Zellwand und Ptychodeschlauch gelagerte, Schleimmasse an erstere zurück, und giebt nun ganz das Bild einer zweihäusigen Zellwand (ähnlich Taf. IV, Fig. 6 zwischen e h i m).

In neuester Zeit, leider zu spät um in den beiliegenden Tafeln noch Abbildungen aufnehmen zu können, die ich mir für die nachfolgende Arbeit „Knospenleben" vorbehalten muss, habe ich an den Blattstielen von Heracleum etwas, den Schleimzellen der Cacteen Aehnliches aufgefunden, dessen ich hier um so mehr erwähne, als die Pflanze einen recht schlagenden Beweis liefert, wie nothwendig die Ausbildung einer chemisch-mikroskopischen Experimentirkunst ist.

Betrachtet man Scheibenschnitte aus sehr kräftig gewachsenen, jungen Stengeln oder Blattstielen unter Wasser, oder im eigenen Safte, so erkennt man im Innern der riesigen Zellen kaum irgend einen Gegenstand recht deutlich. Karminwasser lässt nach einiger Zeit einen kleinen, wandständigen Zellkern erkennen, umgeben von einer geringen Zahl grüner, componirter, durch Jod sich blau färbender Körnchen. Deckt man die Scheibenschnitte mit Jodglycerin, so färbt dies sofort mehrere, der Beobachtung in Wasser, Zellsaft und Karmin völlig entschwindende, durch Ptychodehäute voneinander gesonderte, peripherische Schleimschichten kirschroth, später gelbbraun, endlich goldgelb, die innersten Schichten dunkler als die äusseren. Gleichzeitig lösen sich diese Schleimschichten von der Zellwand, contrahiren sich nach dem Mittelpunkte der Zelle zu einem umfangreichen Ballen, der, wie man jetzt deutlich sieht, von einer u n g e f ä r b t e n Schlauchhaut eingeschlossen ist, die mit den Tipfelstellen der Zellwand noch einige Zeit durch Contractionsfäden in Verbindung bleibt, bis auch diese

mit zunehmender Contraction der Schichten zerreissen, die Aussenfläche des Ballens als fadenförmige Anhänge bekleidend. Man erkennt ferner die verschieden gefärbten Schichten des Ballens voneinander getrennt durch ungefärbte, der äusseren gleiche Schlauchhäute, jede derselben mit der folgenden Haut durch Ptychodekanäle verbunden, ungefähr in der Weise wie dies Taf. IV, Fig. 5 c darstellt.

Behandelt man Scheibenschnitte unter Deckglas mit Jodalkohol, so erhält man Bilder, die darauf hindeuten: dass die tiefer liegenden Schleimschichten hervorgegangen seien aus einer Einstülpung der Vorgebildeten, ungefähr wie Taf. III, Fig. 35 am Stärkemehlkorne der Iriswurzel darstellt. Dass solche Einstülpungen (Taf. III, Fig. 3 unten) bei der Bildung eingeschachtelter Schichtungscomplexe eine wichtige Rolle spielen, dafür sprechen viele Beobachtungen auch an anderen Pflanzen.

Aus dem Umstande, dass, bei Behandlung der Scheibenschnitte mit Jodalkohol, der Ptychodeschlauch meist ohne Contractionsfäden von der Zellwand sich zurückzieht, möchte man den Schluss ziehen: es sei ein in Alkohol löslicher Stoff, welcher den Ptychodeschlauch nachfolgender Generation mit den Schlichtflächen einer vorgebildeten Zellwand verkittet.

Heracleum ist ein für das Studium des Ptychodeschlauches vor allen Anderen zu empfehlendes Object, doch liefern auch einige andere Umbelliferen wie Pastinaca, Aegopodium, vermittelst Jodglycer instructive Bilder. Meiner Ansicht nach sind jene, durch Schlauchhäute voneinander geschiedenen, von Jodglycer contrahirten Schichten nichts Anderes als unvollständig entwickelte Zellwandungen dritter, vierter, fünfter Generation, eine schleimige Mittelstufe zwischen Stärkemehl und Cellulose, von den inneren Schichtungscomplexen der Bastfaser des Palmenholzes (Bot. Zeitung 1855 „Ueber die Struktur der Ablagerungsschichten" Taf. IV, Fig. IX, 4 a′—a″) nur durch den nicht erstarrten, schleimigen Zustand, wie durch die nicht vollendete Umbildung in Wandungsstoff unterschieden. Im Verlaufe des Sommers werden sie als Reservestoffe verwendet.

Dieser Ansicht dienen nicht allein die Beziehungen zur Bastfaser des Palmenholzes, sondern auch die Aehnlichkeit mit den Schleimzellen der Cacteen zur Stütze. Ist sie richtig, so liefert Heracleum das beste Material zur augenfälligen Beweisführung: dass die Zellwand sich nicht ausserhalb, sondern innerhalb der Schlauchhaut bilde. Verfolgt man in Querscheiben die Zellenbildung bis zum jugendlichsten Alter hinab, so gelangt man endlich durch die leisesten Uebergänge zum normalen Zellkerne, aus welchem alle die Schlauchhäute und Schleimschichten des contrahirten Ballens sich nach und nach entwickeln. Bei diesen Untersuchungen ist auch weinsaures Kupferoxyd-Kali und salpetersaures Quecksilberoxydul nicht zu übergehen.

Hierher gehört ferner der Traganth-Gummi. Es sind nicht ganze Zellen der Pflanze, welche von ihr als Traganth ausgeschieden werden, sondern nur die innersten, schleimigen Schichtungscomplexe der Zellen des Markes, der Markstrahlen und der Rinde. Lässt man kleine Stückchen Traganth auf der Objecttafel in einigen Tropfen Karminlösung aufquellen und isolirt man die einzelnen, rasch sich roth färbenden Körner durch Auflegen eines Deckglases und gelinden Druck auf dessen Fläche, nachdem die Farbe derselben hinreichend roth geworden ist, so erkennt man die Zusammensetzung eines jeden Korns aus einer grossen Zahl von Schichtungslamellen, die denen des Stärkemehls ähnlich verlaufen. Ich habe sogar Körner gesehen, für welche die vom Stärkekorne der Kartoffelfrucht Taf. III, Fig. 26 a gegebene Abbildung als Bild dienen könnte, mit dem Unterschiede, dass der dort sehr kleine, wandständige Innenraum, im Traganthkörper viel grösser und mit componirtem, oft deutlich geschichtetem Stärkemehl erfüllt ist. Verdrängt man das Karminwasser durch ein Paar Tropfen Jodalkohol, die man unter Deckglas nachziehen lässt, so färben sich nicht allein die Stärkekörnchen blau, sondern es tritt auch die häutige Beschaffenheit des, die Stärkekörnchen einschliessenden, Schlauches und die Lagerung der Schleimschichten viel deutlicher hervor. In jeder der letzteren erkennt man bei schräger Beleuchtung (die Drehscheibe ist bei allen diesen Untersuchungen ein unentbehrlicher Apparat) eine Auflockerung jeder Schicht in molekulare Körnchen.

Hat man sich hieran satt gesehen — es ist dies so bald nicht der Fall, da die prachtvollen Färbungen von Roth, Blau und Gelb das Experiment zu einem der elegantesten machen, die mir bis jetzt geglückt sind — so lasse man dem Alkohol einen Tropfen verdünnte Schwefelsäure nachziehen, durch welche die Schleimschichten gelöst werden, während die innere, das Stärkemehl einschliessende Schlauchhaut, und nicht allein diese, sondern auch eine ungemein zarte, äussere Grenzhaut ungelöst bleiben, wo letztere durch die Strömung der Schwefelsäure nicht zerrissen ist.

Den Verlauf von Intracellularkanälen zwischen innerem Schlauche und äusserer Grenzhaut finde ich angedeutet, aber nicht so ausgeprägt, dass ich in dieser Hinsicht eine Behauptung hinstellen möchte. Ueber

mannigfaltige Abschnürungs-, Einstülpungs- und Einschachtelungs-Erscheinungen an diesem Schichtungsbaue kann ich erst in einer folgenden Arbeit näheren Bericht erstatten, da mir hier der Raum für die nothwendigen, figürlichen Darstellungen fehlt.

§. 40. Die einfachste Beobachtung lehrt uns: dass, selbst nach erlangter, vollständiger Ausbildung, die Zellwand sehr verschieden organisirt ist. Zwischen der Zelle des Korkgewebes und der des Palmenbastes bestehen grosse Unterschiede nicht allein in der Form — das ist Nebensache — sondern im ganzen Baue und in der Entwickelung der Einzeltheile. Die Bastzelle des Palmenholzes, die Spiralzelle aus der Testa des Samens von Moringa, aus den Luftwurzeln der Orchideen stellen sich dar als eine höhere Entwickelungsstufe der Holzfaser, die ihrerseits höher entwickelt ist als die telienchymatische Faserzelle der Bastschichten; letztere steht höher als die Zelle des Korkgewebes und diese höher als der intercellulare Ptychodeschlauch im Tropaeolum-Samen. Alle die verschiedenen Zustände in der Entwickelungsfolge hoch organisirter Zellen finden wir repräsentirt und bis zum Lebensende festgehalten in anderen, weniger hoch entwickelten Zellenarten, es wiederholt sich in ihnen das im Reiche organisirter Körper herrschende Gesetz stufenweis fortschreitender Ausbildung und Vervollkommnung der Arten, von der Monade bis zum Säugethiere, vom Gährungspilze bis zur Eiche.

Das Nachfolgende ist ein Versuch, die Entwickelungsgeschichte der Pflanzenzelle zu erläutern durch Hinweisung auf fertig gebildete Zellenarten verschiedener Organisation, in denen sich frühere oder spätere Zustände hoch entwickelter Zellenarten repräsentiren..

a) Der nackte Ptychodeschlauch.

Derselbe erhält sich unverändert, gleichviel ob unmittelbar aus dem Zellkerne, durch Physalidenbildung oder aus der Theilung eines vorgebildeten Mutterschlauches entstanden (Taf. I, Fig. 19—22; Taf. II, Fig. 14—18), im intercellularen Schlauche: des Samens von Tropaeolum (Taf. IV, Fig. 6 r t), des Collenchym von Tussilago, der Wurzelzelle von Asparagus. Ich glaube, dass man hierher auch zählen muss die intercellularen, stets sehr dünnwandig bleibenden, ächten Lebenssaftgefässe einiger Familien, z. B. der Papaveraceen, Umbelliferen, Mamillarien (die Lebenssaftgefässe der Euphorbien stehen entschieden auf einer höheren Entwickelungsstufe. Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Pflanzenzelle Fig. 5). Es gehören hierher die Schwärmfäden der Antheridien, die Pollenzellen einiger Pflanzen, besonders der Najaden, vielleicht auch mehrere der niedrigsten Luft- und Wasser-Algen.

Im reifenden Zellgewebe vieler saftigen Früchte: Solanum, Atropa, Phytolacca, Berberis etc. löst sich die ganze Zellwandung vollständig auf, im Fruchtsafte schwimmen dann die nackten, doppelhäutigen Ptychodeschläuche als kugelige Bläschen (Leben der Pflanzenzelle Taf. I, Fig. 1—9).

b) Die Cambialzelle.

Der erste Ptychodeschlauch hat sich zu einer ersten Zellwandung umgebildet. Es geschieht dies entweder ohne oder mit Regeneration des Ptychodeschlauches.

Die Cambialzelle ohne regenerirten Ptychodeschlauch repräsentirt das Korkzellgewebe, in einigen Fällen auch das Markzellgewebe, z. B. Fraxinus, Sambucus, Juglans; in den meisten Fällen die Spiralfaserzelle des Markcylinders (Taf. II, Fig. 43).

Die Cambialzelle mit regenerirtem Ptychodeschlauche repräsentirt das parenchymatische Zellgewebe der Rinde, in sehr vielen Fällen auch das des Markes, das telienchymatische Zellgewebe der Bastschichten, das Zellgewebe der Markstrahlen und vorübergehend im Holzkörper die Zellfasern.

In diesen Fällen bleibt die Cambialwandung meist sehr dünn: im grünen Zellgewebe der Rinde und des Markes, im Diachym der Blätter, im Fruchtfleische (Taf. III, Fig. 1—3), in den Zellfasern des Holzkörpers und im Telienchym der Bastschichten (Taf. II, Fig. 44); ferner im Korkzellgewebe und in der Spiralfaserzelle (Taf. II, Fig. 43); sie erlangt bedeutende Dicke in den der Oberhaut zunächst liegenden Zellen, im Collenchym der Rinde, in den Lebenssaftgefässen der Euphorbien, im Perisperm mancher Sämereien, z. B. der Palmennuss (Taf. II, Fig. 41).

c) Die zweihäusige Zelle.

Der zweite Ptychodeschlauch hat sich zu einer zweiten, in die erste eingeschachtelten Zellwand ausgebildet, stets verbunden mit Reduction der ersten Zellwandung auf deren häutige Bestandtheile.

Auch diese Umbildung geschieht theils ohne, theils mit Regeneration des Ptychodeschlauchs. Den ersten dieser beiden Fälle repräsentirt die Holzfaser (Taf. II, Fig. 42 t, Fig. 46 c d) und die aus einer Verwachsung von Holzfasern entstandene Holzröhre des Holzkörpers der meisten dicotylen und monocotylen Pflanzen, in einigen Fällen auch die dickwandige Bastfaser der Bastbündel. Der zweite Fall wird repräsentirt in einigen Fällen durch Oberhautzellen, in den meisten Fällen durch dickwandige Bastbündelfasern, sehr häufig durch das Zellgewebe des Endosperm oder der Samenlappen des Samenkorns (Taf. IV, Fig. 6).

d) Die mehrhäusige Zelle.

Der dritte, vierte, fünfte Ptychodeschlauch entwickeln sich zu einer dritten, vierten, fünften eingeschachtelten Zellwand, wie in den vorhergehenden Fällen mit Umbildung des letzten Schlauches in eine letzte, innerste Zellwand: Holz- und Bastfasern einiger Laubhölzer (Taf. II, Fig. 42 g aus Populus nigra), Spiralfaserzellen aus der Testa des Samenkorns von Moringa, Nigella, Casuarina, Tilia, Populus, Luftwurzeln der Orchideen; oder der letzte Ptychodeschlauch erhält sich als solcher fortdauernd: Bastfaser des Palmenholzes (Bot. Zeitung 1855, S. 461, Taf. IV, Fig. IX 1—6), Schleimzellen der Rinde von Opuntia cylindrica (Bot. Zeitung 1855, S. 189).

Nur die zweite Zellwandung bildet sich auf Kosten der vorgebildeten ersten Zellwand aus. Wo eine dritte, vierte, fünfte Zellwandung sich einschachtelt, geschieht dies nie unter bemerkbarer Reduction der Dicke des vorgebildeten Schichtencomplexes.

§. 41. Fassen wir die vorstehend mitgetheilten Thatsachen zusammen, so geht daraus hervor: dass es die erweiterte Hüllhaut des Zellkerns und Physalidehäute seien, welche den doppelhäutigen Ptychodeschlauch bilden; dass die beiden Schlauchhäute unter einander verwachsen behufs der Tipfel-, Spiral- oder Ringbildung; dass in dem offen gebliebenen Ptychoderaume die vom Zellkerne ausgegangenen Kernstoffkörper untereinander zu einem, wenigstens in vielen Fällen, spiralig gewundenen Astathebande verwachsen; dass die Kernstoffkörper in den meisten Fällen sofort zu Cellulose umgewandelt werden, in einzelnen Fällen hingegen längere Zeit im schleimigen Zustande verharren (Cactus), mitunter sogar nie in Zellstoff übergehen, sondern für immer von diesem stofflich verschieden bleiben: Markzelle von Heracleum, Schleimzelle von Tilia, Ulmus, Gerbzelle von Quercus, Rubus. Wir sehen ferner: dass der Vorgang der Wandbildung aus dem Ptychodeschlauche sich in vielen Fällen ein oder mehreremale wiederhole, wo dann die inneren Schichtungscomplexe stets die jüngeren sind, während die Schichtungen ein und desselben Complexes als gleichzeitig entstanden betrachtet werden müssen.

Die ganze, zur Zeit herrschende, Lehre von der successiven Bildung aller Ablagerungsschichten der Zellwand fusst auf der Annahme: dass ein stofflicher Unterschied zwischen allen Schichtungen der Zellwand wenigstens ursprünglich nicht bestehe, während ich zwischen den Celluloseschichten und den sie äusserlich und innerhalb bekleidenden Zellhäuten (Ptychoide und Ptychode) nicht allein stofflichen, sondern auch genetischen Unterschied erkenne, ganz abgesehen von den stofflichen Veränderungen, welche die Zellwandungen im Verlaufe der Zeit, beim Uebergange des Splints in das Kernholz, wie man annimmt durch sogenannte „inkrustirende Materie" erleiden. Sie fusst auf der Annahme eines dem Kesselstein ähnlichen Dickewachsthums der Zellwand, entweder durch freie Ablagerung des Zellstoffs, oder durch Absonderung einer Schleimschicht aus dem Zellsafte, deren äusserste Grenze allmählig zu Celluloseschichten erstarre; andererseits auf der Annahme einer Absonderung des Stoffes für die Bildung der Celluloseschichten durch eine einfache Schlauchhaut hindurch nach aussen, ebenfalls aus einem protoblasmatischen Schleime, der sich der inneren Seite jener Schlauchhaut anlagert, ohne dass ein Versuch gemacht wäre, das Aussetzen dieser Ablagerung in den Tipfelkanälen und zwischen den Spiralfasern, wenn auch nur hypothetisch zu erklären. Denn die durch nichts gestützte Idee, dass es rapide Saftströmung zwischen Nachbarzellen sei, welche das örtliche Aussetzen der Ablagerung verhindere, kann heute, nachdem wir den Zellenbau näher kennen gelernt haben, auch selbst als Hypothese nicht mehr Geltung finden, um so weniger als es viele Fälle giebt, in denen sich Tipfelkanäle auch an solchen Stellen der Zellwandung bilden, die mit Nachbarzellen gar nicht in Berührung stehen. Besonders die Zellen und Haare der Epidermis liefern viele Beispiele der Art (Naturgeschichte der forstl. Culturpflanzen Taf. 30, Fig. 3 k, Taf. 31, Fig. 3 b d).

Es mag mir gestattet sein, hier auf ein Missverständniss meiner Angaben hinzuweisen, welches die Runde durch die meisten neueren Lehrbücher der Pflanzenphysiologie gemacht hat, woselbst mir die Ansicht zugeschrieben wird, es seien nicht die innersten, sondern die äusseren Ablagerungsschichten späteren Entstehens. Das habe ich nie und nirgends behauptet, wohl aber habe ich gesagt: es sei die innerste häutige,

auch die Tipfelkanäle auskleidende Grenzschicht *) der Zellwandung älter als die von ihr bedeckten Ablagerungsschichten. Das ist auch meiner vollen Ueberzeugung gemäss durchaus richtig, denn die innere wie die äussere Grenze der Zellwand sind hervorgegangen aus den Häuten des Ptychodeschlauchs, dessen Inhalt erst später zu den Celluloseschichten sich ausbildete. Vielleicht ist es der erste Satz in der Einleitung zu meiner Arbeit „Leben der Pflanzenzelle", der das Missverständniss veranlasste, indem man den dort bezeichneten Unterschied zwischen „primitiver Zellhaut" und „Schichtenbildung" ausser Acht liess. Jener Satz soll nicht mehr sagen, als dass die Schichtenbildung ausserhalb der inneren Schlauchhaut vor sich gehe, und dass diese letztere älter sei als die Ablagerungsschichten.

2. Die fertige Zellwand.

§. 42. Die Zellwand ist der erstarrte Ptychodeschlauch, das Gehäuse für dessen, aus dem Zellkerne entwickelten Nachfolger, bestehend aus den beiden, die innere und äussere Grenze bildenden, stofflich unveränderten Schlauchhäuten und aus den, zwischen denselben aus dem körnigen oder bläschenförmigen Inhalte des Ptychodeschlauches entwickelten, Wandungs- (Cellulose-) Schichten.

Wir unterschieden im Vorhergehenden die einhäusige, zweihäusige und mehrhäusige Zelle, je nachdem dieselbe entweder nur aus einer Wandung (Taf. III, Fig. 41, Taf. IV, Fig. 6 a—c), oder aus zwei Wandungen (Taf. III, Fig. 42—46, Taf. IV, Fig. 6 e—h), oder aus mehreren Wandungen (Bot. Zeitung 1855, Taf. IV, Fig. IX 1—6) besteht. Wir sahen: dass die erste Zellwandung (Cambialwandung) entweder vollständig resorbirt werde, wenn der regenerirte Ptychodeschlauch eine Tochterzelle ist **), dass sie hingegen fortbestehe von dem Zeitpunkte ab, in welchem die Zellenmehrung des Pflanzentheils, dem die Zelle angehört, beendet ist; dass in diesem letzteren Falle die erste Zellwand seltener aussergewöhnliche Dicke erlangt (Collenchym, Endosperm der Palmen Taf. II, Fig. 41); dass sie häufiger dünnwandig bleibt (Zellen der Rinde und des Markes, Taf. I, Fig. 24, Taf. II, Fig. 1—3, des Telienchyms Taf. II, Fig. 44, der Spiralfaserzelle Taf. II, Fig. 43), dass sie häufig durch Resorbtion nur der Celluloseschichten auf den häutigen Bestand reducirt werde, wenn der zweite Ptychodeschlauch zu einer zweiten Verdickungswandung sich ausbildet (Holzfaser, Bastfaser, Taf. IV, Fig. 6 c—h, Taf. II, Fig. 45, 46 a—d); dass hingegen die zweite Verdickungswandung einer Reduction nicht unterworfen ist, wenn eine dritte, vierte Zellwandung sich im Innern der Vorhergebildeten aus dem regenerirten Ptychodeschlauche bildet.

In den meisten Fällen verdickt sich die Zellwand daher nicht durch Hinzukommen neuer, gleichwerthiger Celluloseschichten, sondern durch Hinzukommen neuer Zellwandungen, in deren jeder die einzelnen Celluloseschichten gleichzeitiger Entstehung und gleichzeitiger Fortbildung sind.

Wo mehrere ineinander geschachtelte Schichtungscomplexe die verdickte Zellwand bilden, da stehen sie alle untereinander in organisirtem Zusammenhange durch die Gemeinschaftlichkeit ihrer Tipfelkanäle und der dieselben auskleidenden, inneren Schlauchhaut, obgleich jeder, selbst der jüngeren Complexe, einen gewissen Grad der Selbstständigkeit dadurch zu erkennen giebt, dass er sich in Tochter-Complexe abzuschnüren vermag (natürlich schon im Zustande des Ptychodeschlauches), ohne dass die vorgebildeten Wandungen derselben Zelle daran Theil nehmen (Bot. Zeitung 1855, Taf. IV, Fig. IX 1, x). Dagegen findet eine Uebereinstimmung in den Einfaltungen ineinander geschachtelter Zellwandungen nicht statt. Wo sich spiralige Lagerung des Astathebandes zu erkennen giebt, da ist die Windung eines jeden Bandes stets (?) entgegengesetzt verlaufend den Windungen der nächst älteren und der nächst jüngeren Wandung (Bot. Zeit. 1855, Taf. IV, Fig. IX 6).

Man erhält dies am leichtesten und schönsten zur Ansicht, wenn man Zink in Salzsäure auflöst und die Lösung an einem warmen Orte, unter Berührung mit einem Ueberschuss von nicht gelöstem Zink, zur Consistenz eines leichtflüssigen Syrups abdampft, bis beim Umschütteln nur noch wenige Gasbläschen vom metallischen Zink aufsteigen. Giebt man die frisch bereitete Chlorzink-Lösung auf ein Filter von Fliesspapier, so wird

*) Das Vorhandensein dieser, auch die Tipfelkanäle auskleidenden Grenzhaut ist gegenwärtig wohl überall anerkannt. Einer der wichtigsten Beweisgründe für die genetische Verschiedenheit derselben von den Ablagerungsschichten liegt darin, dass letztere im Tipfelkanale mit der denselben auskleidenden Haut nicht parallel verlaufen, sondern mehr oder weniger rechtwinklig auf dieselbe stossen (Leben der Pflanzenzelle Taf. I, Fig. 52—54, Bot. Zeitung 1855, Taf. IV, Fig. IX 2—4).

**) Leben der Pflanzenzelle Taf. I, Fig. 38. Nur ausnahmsweise erhält sich auch in diesem Falle die Wandung der Mutterzelle (daselbst Fig. 37 aus dem Fruchtfleische von Viburnum Opulus).

man finden: dass die Spitze des Papiertrichters bald in eine gallertähnliche Masse aufquillt. Bringt man ein wenig davon auf die Objectplatte unter Deckglas, so sieht man, dass sie aus den aufgequollenen Fasern von Flachs, Hanf, Baumwolle besteht, an denen die verschiedenen Windungen der ineinander geschachtelten Astathebänder sehr deutlich hervortreten. Zusatz von ein Wenig Jodalkohol lässt dann recht scharf den Unterschied zwischen den blau sich färbenden Astathebändern und den braun gefärbten Schlauchhäuten erkennen. Will man andere, zuvor durch Maceration isolirte Bastfasern oder von frischen Spaltflächen gesammelte Holzfasern in dieser Richtung untersuchen, so legt man dieselben auf den Grund des Trichters und lässt das Chlorzink an ihnen vorüberlaufen. Aufbewahrung in Chlorzink unter Deckglas oder in Probirgläschen wirkt zwar in ähnlicher Weise, aber bei weitem nicht so rasch und so energisch.

Wo mehrere Schichtungscomplexe ineinander geschachtelt die Zellwand bilden, da besteht jeder derselben aus den Schichtungslamellen des Astathebandes, dessen äussere und innere Grenze mit den Schlauchhäuten (Ptychoide und Ptychode) bekleidet ist. Die innere Schlauchhaut (Ptychode) bekleidet auch die kanal-, ring- oder spiralförmigen Durchbrechungen der aus Cellulose bestehenden Schichtungslamellen, vereint sich am Grunde dieser Durchbrechungen mit der äusseren Schlauchhaut, und bildet dort, in der Schlichthaut, den Verschluss der Zellwand.

Dieser häutige Verschluss der Tipfelkanäle liegt nicht immer streng in der Grenzfläche der Zelle, sondern er tritt an isolirten Wandflächen, meist in Gestalt kleiner Tuberkel, über die Oberfläche der Zellwand hinaus (Naturgesch. der forstl. Culturpflanzen Taf. 30, Fig. 2 c). Besonders schön in den telienchymatischen Fasern der Cypressen und Taxineen sieht man diese Tuberkel zu grösseren Säcken erweitert, die in das Lumen der Nachbarzelle hinein hängen. Bot. Zeitung 1854, Taf. I, Fig. 25 mag eine Andeutung hierzu geben. Dies sind die Vorläufer einer Bildung, die in den Holzfasern der Nadelhölzer allgemein ist: die Erweiterung des Tipfelkanals zu einem intercellularen, linsenförmigen Beutel, der nach dem Lumen der Zelle hin geöffnet, nach dem Lumen der Nachbarzelle hingegen geschlossen und dort mit einem correspondirenden, einfachen Tipfelkanale der letzteren verwachsen ist. Trotz des erhobenen Wiederspruchs muss ich dennoch auf's Bestimmteste bei meiner Angabe beharren: dass der linsenförmige Tipfelraum zwischen den Holzfasern der Nadelhölzer, wie zwischen den Holzröhren der Laubhölzer, nach dem Lumen der eigenen Zelle hin offen, nach dem Lumen der Nachbarzelle hin dagegen geschlossen ist. Tangentale Längenschnitte aus trockenem Nadelholz unter Terpentin betrachtet zeigen dies, ebenso bestimmt in der Verbreitung der aus nicht zerschnittenen Fasern nicht verdrängten Luft, wie es die Verbreitung des schwarzen Xylochrom in den Holzröhren des Ebenholzes an der Grenze zwischen Kern und Splint in solchen Fällen zeigt, wo nur die Holzröhren, nicht auch die dieselben umstehenden Zellfasern den schwarzen Farbstoff enthalten. Ich kann hierüber erst in einer nachfolgenden Arbeit nähere Beläge mittheilen.

Taf. II, Fig. 40 ist die Abbildung einer isolirten Holzfaser der Kiefer. Die Spitze derselben zeigt die natürliche Lage des Astathebandes. Die spiraligen Windungen desselben schliessen hier mit ihren Rändern dicht aneinander, und nur da sieht man dieselben in einem schmalen Spalte auseinander treten, wo zwischen ihnen ein Tipfelkanal (t) zum linsenförmigen Tipfelraume hin verläuft. Die Weite dieses, über den Tipfelkreis hinaus sich verlängernden, Spaltes entspricht stets genau dem Durchmesser des Tipfelkanals. Besonders schön bei Pinus Strobus sieht man häufig einen zweiten, gleichgebildeten Spalt den ersten kreuzen, wie dies am obersten Tipfelkreise gezeichnet ist. Es ist das Folge des Vorhandenseins eines zweiten, eingeschachtelten Astathebandes, das, wie ich bereits erwähnt habe, dem Vorhergehenden stets entgegengesetzt gewunden ist. Daher die Kreuzung des Spaltes, nach dem ich an getipfelten Holz- und Bastfasern bisher nie vergebens gesucht habe. Ist nun aber der klaffende Schrägspalt, in diesem wie in vielen anderen Fällen anatomisch nachweisbar, erzeugt durch den Tipfelkanal, der die Windungen des Astathebandes auseinander gedrängt hat, so darf man auch aus dem geöffneten Schrägspalt überall auf spiralige Lagerung eines vorhandenen Astathebandes schliessen.

Behandelt man isolirte Holzfasern der Kiefer mit verdünnter Schwefelsäure, so gelingt es nicht selten, die Windungen des Astathebandes auseinander zu zerren, wie dies die unteren Theile derselben Figur darstellen. Ich habe dieselbe Taf. 35, Fig. 6 meiner Naturgeschichte der forstl. Culturpflanzen streng gezeichnet. Hier ist sie in den unteren Theilen insofern schematisch, als ich die Cambialwandung in die Zeichnung nicht mit aufgenommen, und die beim Auseinanderzerren des Astathebandes in der Wirklichkeit zerreissenden, äusseren Grenzhäute, unverletzt dargestellt habe. Die innere Grenzhaut (p) hat sich durch die Wirkung der Schwefel-

säure vom Astathebande abgelöst und zu einem spiralig gefalteten Schlauche zusammengezogen. Von diesem Schlauche sieht man zwei, durch die Contraction der inneren Schlauchhaut verlängerte Tipfelkanäle (t) rechtwinklig abstreichen, an ihrem Ende zu einem linsenförmigen Sacke sich erweitern, der bei x mit der äusseren Grenzhaut verwachsen ist. Genau dem Mittelpunkte dieser linsenförmigen Erweiterung stösst der einfache, d. h. an seinem Ende nicht erweiterte Tipfelkanal der Nachbarzelle auf, ohne dass an dieser Stelle eine Durchbrechung stattfindet. Es erklärt sich hieraus die lange Dauer des Streites, ob der Tipfel eine wahre Durchbrechung der Zellwand oder nur eine verdünnte Stelle derselben sei; er ist in der That einerseits das Eine, andererseits das Andere, dennoch aber, wie der einfache Tipfel (Taf. II, Fig. 6 zwischen a und b, Taf. IV, Fig. 6), jedes Zellenlumen vollkommen verschliessend.

Nicht in allen Fällen beschränkt sich die Verwachsung der beiden Grenzhäute auf vereinzelte kleinere Tipfelflächen. In der Ringfaser geschieht dieselbe in ringförmig übereinander liegenden Flächen, die meist voneinander geschieden sind und geschlossene Ringe bilden, in einigen Fällen ineinander verlaufen, nur Bruchstücke von Ringen bildend (junge Triebe und Blätter von Allium Porrum, Bot. Zeit. 1855, S. 203). In der Spiralfaser geschieht die Verwachsung in spiralig fortlaufenden Flächen. Dazwischen liegen eine Menge von Uebergangsbildungen vom Tipfel zur Spiral- oder Ringfaser (Taf. II, Fig. 43), so dass man bildlich sagen kann, es entstehe dieselbe aus spiralig oder ringförmig geordneten Tipfeln, die in der Richtung der Spirale oder des Ringes untereinander verschmolzen sind.

§. 43. Was nun endlich die stofflichen Verschiedenheiten der beiden, die Zellwand constituirenden Bestandtheile betrifft, so lässt sich mit grosser Bestimmtheit nachweisen, dass dieselben ursprüngliche sind, dass die Grenzhäute ebenso wenig aus einer Umbildung oder Durchtränkung der Celluloseschichten mit fremden Stoffen entstehen, als die letzteren aus einer Umwandlung der Häute hervorgehen. Letztere sind nichts Anderes als die Häute des ursprünglichen Ptychodeschlauchs, behalten sogar noch als Zellwandungstheile die sie als Schlauchhäute charakterisirenden Eigenschaften und Beschaffenheit.

Der Z e l l s t o f f (Cellulose, Schichtungslamellen des Astathebandes) ist ein dem Stärkemehl am nächsten verwandtes, neutrales Kohlenhydrat, durchschnittlich bestehend aus nahe gleichen Gewichttheilen Kohlenstoff und den Elementen des Wassers (C^{24} H^{21} O^{21} Mulder, C^{12} H^{10} O^{10} Payen und Mitscherlich). Es besitzt derselbe daher gleiche elementare Zusammensetzung wie das Stärkemehl, der Rohrzucker, wie Gummi und Pflanzenschleim, welche letztere in der That auch in der Form spiralig gewundener Astathebänder auftreten: in den Testazellen vieler Samenarten (Quitte, Lein, Salbei, Flohsamen), oder als geschichtete, in Cellulose übergehende Schleimmassen (Schleimzellen der Cacteen, Bot. Zeitung 1855, S. 185), in den Schleimzellen der Rüster, Linde, Astragalus, Heracleum etc. Häufiger noch kommen stoffliche Verschiedenheiten der inneren Wandungscomplexe im Zellgewebe der Samenlappen vor. Schleidens Amyloid gehört hierher, wie die, durch Jodlösung kirschroth sich färbenden, Wandungen des Endosperm von Yucca, Ornithogalum, Nemophila, die schon in Wasser löslichen Endospermwandungen von Convolvulus Scammonium, Ipomaea tuberosa, Galega, Oxytropis etc.

Solche immerhin vereinzelte Fälle ausgeschlossen, besitzt der Zellstoff ausgebildeter Zellen hohe Grade der Unlöslichkeit und Unveränderlichkeit im Wasser, Alkohol, Aether, fetten und flüchtigen Oelen, in verdünnten Säuren und Alkalien; im jugendlichen Zustande der Zelle hingegen wird er von kochendem Wasser erweicht und ist der Verdauung im thierischen Organismus fähig. Längeres Kochen mit verdünnter Schwefelsäure verwandelt ihn in Stärkegummi und in Zucker. Scheibenschnitte aus Holz- und Bastfasern, mit 0,7 Volumtheile Wasser enthaltender Schwefelsäure benetzt (0,7 Wasser auf 1 Schwefelsäure), expandiren sich, und werden dann von Jodlösung wie Stärkemehl blau gefärbt. Chlorzink expandirt und lockert die Schichtungslamellen langsamer, worauf dann ebenfalls die blaue Reaction durch Jodalkohol eintritt. Die Färbung ändert aber sehr nach Alter und Art der Holzfasern. Scheibenschnitte von Schwarzpappelholz, drei Wochen in Chlorzink aufbewahrt, zeigten die Cambialwandung ungefärbt, eine zweite Verdickungsschicht gelb, eine dritte Verdickungsschicht (Taf. II, Fig. 42 g) rosenroth; nach vorhergegangener Maceration in Salpetersäure und chlorsaurem Kali, welche die Cambialwandung zerstörte, wurden die zweite und dritte Verdickungswand durch Chlorzink und Jodlösung gleichmässig blau gefärbt. Junge Zellwände werden durch verdünnte Schwefelsäure häufig rosenroth. Ein Ferment für Cellulose hat Mitscherlich gefunden, indem er Scheibenschnitte verfaulter mit solchen gesunder Kartoffeln so lange unter Wasser an einem mässig erwärmten Orte aufbewahrte, bis die Zellen der frischen Scheibenschnitte sich voneinander trennten. Das Filtrat der dadurch gewonnenen Flüssigkeit wirkte auflösend auf Cellulose.

In geringem Grade Wasser, in höheren Graden Schwefelsäure, Aetzkalilauge, Chlorzink, wirken auf die trockne Cellulose expandirend nur in der Richtung des Querschnittes der Zellwand. Es scheint sogar als wenn hiermit eine Verkürzung in der Richtung der Längenachse verbunden wäre; wenigstens sind, der Lichtstärke nach beurtheilt, Querscheiben aus trocknen, nach dem Schneiden angefeuchteten und expandirten Zellwandungen stets viel dünner als solche aus frischer Zellwand. Mir scheint nicht als wenn dies allein in der grösseren Resistenz des trocknen Materials gegen die Schärfe des Messers seinen Grund habe.

Salpetersäure löst den Zellstoff nicht, sondern verbindet sich mit ihm: zwei Atome Cellulose mit fünf Atomen Salpetersäure, unter Abgabe von drei Atomen Wasser zu Schiessbaumwolle (C^{24} H^{17} O^{17} + 5 NO^5 Pelouze). Ueber die hierbei stattfindenden, mikroskopisch nachweisbaren Veränderungen, so wie über die Bildung der, später Collodion genannten, Lösung der Schiessfaser in Aether habe ich in einer besonderen kleinen Schrift berichtet (Ueber Bestand und Wirkung der explosiven Baumwolle. 1 Tafel Abbild. Braunschweig 1847. Oehme und Müller). An diesem Orte ist es, wo ich zuerst die Auflösung der Schichtungslamellen des Astathebandes in Primitivfasern und dieser in Primitivkügelchen nachgewiesen habe, wie dies Taf. II, Fig. 40 am unteren Ende des abgerollten Astathebandes wiedergiebt.

Ein ganz abweichendes, in den meisten Richtungen entgegengesetztes Verhalten zeigen die Grenzhäute der Zellwandung, über deren chemische Constitution wir nichts wissen, da es bis jetzt nicht gelungen ist, dieselbe in genügender Menge für die Analyse zu isoliren. Während die einzelne Schichtungslamelle der Cellulose im unveränderten Zustande stets strukturlos und wasserklar erscheint, zeigt die durch Schwefelsäure isolirte Zellhaut stets eine höchst zarte Granulirung, die nicht verwechselt werden darf mit molekularen, durch Jodlösung sich braun färbenden Körnchen, die den Häuten mehr oder minder zahlreich eingebettet oder angeklebt scheinen. Die Granulirung, die ich meine, ist an ausgebreiteten, isolirten Häuten nur bei 3—400maliger Vergrösserung und schrägem Lichtdurchfalle in kleinen Schattenringen erkennbar, farblos und überall gleichgebildet, zu vergleichen etwa mit molekularen Glaskügelchen, die an ihren Rändern in der Hautfläche untereinander verschmolzen sind. Unter Einwirkung von Reagentien, durch welche die Celluloseschichten verdickt und blau gefärbt werden, erleiden die Häute keine Verdickung und werden braun gefärbt. Mir scheint jedoch als wenn die braune Farbe nicht der Haut selbst, sondern ihr angelagerten Stoffen angehöre, denn isolirte, in der Fläche ausgebreitete Häute lassen nichts von brauner Färbung durch Jodlösung erkennen. Da wo die Schlauchform der inneren, isolirten Grenzhaut sich erhalten hat (Taf. II, Fig. 40 p), contrahirt sich die Haut zu einem viel dünneren, spiralig gefalteten Schlauche als dem Lumen der Zelle entspricht, eine Eigenschaft, die, wie wir gesehen haben, auch den Häuten des freien Ptychodeschlauchs zuständig ist. Mit dieser Contraction im Querschnitte scheint eine Expansion in der Richtung der Längenachse verbunden zu sein. Legt man Fliesspapier, Holz oder Bastfasern einige Tage in Chlorzink, und giebt man dem Objecte dann einen Tropfen Jodalkohol, so sieht man die, von der innern Wandungsgrenze gelöste, braun gefärbte Schlauchhaut häufig in Schlangenlinien, als wenn sie für das Lumen der Zellwand zu lang geworden wäre.

Schwefelsäure löst die Zellhäute nicht, unter Verhältnissen, in denen sie die Cellulose bis nahe zur Lösung expandirt. Das Experiment mit Gummi-Traganth (§. 39) zeigt dies am schönsten. Dagegen zerstört Salpetersäure die Zellhäute, unter Umständen, in denen die Celluloseschichten räumlich unverändert bleiben. Das sind alles dem Verhalten der Schichtungslamellen gerade entgegengesetzte Eigenschaften der Zellhäute, die dagegen mit denen der Häute des Ptychodeschlauches übereinstimmen, daher ich schon in meiner Arbeit „Leben der Pflanzenzelle" die Abstammung der beiden Zellhäute von den beiden Schlauchhäuten des Ptychodeschlauches annahm, die äussere Grenzhaut der Zellwand und die äussere Schlauchhaut „Ptychoide"; die innere Grenzhaut der Zellwand und die innere Schlauchhaut „Ptychode" nannte. Demgemäss würde man auch die äussere Hüllhaut des Zellkerns „Ptychoide", die zur innern Schlauchhaut sich entwickelnden Physalidehäute „Ptychode" nennen können. Es sind dies in der That nur verschiedene Alterszustände desselben Organs.

3. Verbindung der Zellwände untereinander.

§. 44. Wir haben gesehen, dass nur die erste Zelle der Pflanze dem Zellkerne allein ihren Ursprung verdankt, dass alle nachfolgenden Zellen durch Abschnürung des Ptychodeschlauches ihrer Mutterzelle innerhalb der Zellwand dieser letzteren sich bilden.

Nur die Zellwand der ersten Zelle erhält sich als Oberhaut der Pflanze lebendig und fortwachsend, während die Zellwand aller nachgebildeten Mutterzellen nach und nach von den in ihnen gebildeten Tochterzellen resorbirt wird. Es lässt sich diese allmählige Auflösung der Zellwandung vorhergebildeter Mutterzellen recht schön nachweisen an dem Zellgewebe in der Spitze des Strunks der meisten Gemüse, besonders des Blumenkohls, wenn man dasselbe bis zu völliger Weiche kochen lässt und darauf mit verdünnter Schwefelsäure und Jodlösung behandelt. Durch gelinden Druck auf das Deckglas löst sich dann das Zellgewebe in Zellencomplexe von grösserer und geringerer Zellenzahl und man erkennt an den, diese Zellencomplexe einschliessenden, durch die Säure und das Jod blau gefärbten, expandirten, Zellwandungen ein weit reichendes System von Einschachtelungen, bis zum Verschwinden der einschliessenden Mutterwandungen.

Erst wenn in dem Zellencomplexe die Zellenmehrung erloschen ist und die Zellwandungen sich vollständig ausgebildet haben, scheidet der Ptychodeschlauch eine, durch Jodlösung sich blassbraun färbende Substanz aus, die, wie es scheint, die Zellwände durchdringt und auf der Aussenfläche derselben sich in unregelmässig geformten Körnchen ablagert, wo diese mit den Wänden der Nachbarzellen nicht in Berührung steht (Leben der Pflanzenzelle Taf. I, Fig. 45 k f). In den Intercellularräumen häuft sich dieser Stoff, den ich wegen seiner Beständigkeit in Säuren und Alkalien „Eustathe" nannte, mitunter in so bedeutenden Mengen an, dass er diese Räume gänzlich erfüllt, während er zwischen den sich berührenden Flächen benachbarter Zellen zu einem, diese verkittenden, braunen Stoffe erhärtet. Die Löslichkeit dieses Stoffes in Salpetersäure ist die Ursache des Zerfallens der Holz- und Baststücke in ihre Einzeltheile beim Schultze'schen Macerationsverfahren. Man darf ihn nicht verwechseln mit dem, was v. Mohl Intercellularsubstanz nannte, ein der Cellulose verwandter Stoff, der die scheinbar ineinander fliessenden Zellwände besonders des Collenchym der Rinde bildet. Was ich Eustathe nannte, findet sich zwischen den sich berührenden Zellwänden nie in grösseren, an Querschnitten bemerkbaren Mengen abgelagert, und wenn ich dies früher so darstellte (Leben der Pflanzenzelle Taf. I, Fig. 40 e, Taf. II, Fig. 27 e), so beruht dies auf einem Irrthum, indem mir damals die Reduction der Cambialwandung auf jene, zwar schmale, aber doch messbare, von Schwefelsäure nicht gelöste Schicht, zwischen den durch dasselbe Reagens expansiblen Zellwandungen noch nicht zur Erkenntniss gediehen war.

4. Kernbildung.

§. 45. Vom Augenblicke der Entstehung einer Holzfaserzelle durch longitudinale Abschnürung von ihrer Mutterzelle (Leben der Pflanzenzelle Taf. I, Fig. 39), vergehen 4—8 Wochen bis zur völligen Ausbildung und gegenseitigen Verkittung der Tochterzellen. In diesem, in allem Wesentlichen fertigen Zustande, verbleibt die Holzfaser bei einigen Holzarten für immer (Linde, Rosskastanie, Pappel, Weide etc.). In anderen Holzarten dauert dieser Zustand 10—15 Jahre, oft noch längere Zeit, und bildet die äussersten „Splint" genannten Holzlagen der Bäume. Nach Ablauf dieser, nicht fest bestimmten, sondern unter veränderten Gesundheits-, Alters- und Standortsverhältnissen der Bäume verschiedenen Zeit, schreitet der innerste Schichtungscomplex in den Zustand des Ptychodeschlauches zurück, dessen Inhalt nun eine stoffliche, meist mit Farbenwechsel verbundene Veränderung erleidet, auf welcher der Uebergang des Splintes in Kernholz beruht. Die Färbung des Kernholzes wird dadurch nicht allein eine dunklere, meist braune, mitunter tief schwarze (Ebenholz, Bohnenbaum), sondern es verdickt sich auch der innerste Schichtungscomplex oft bis zum gänzlichen Verschwinden des Innenraums, wo es dann scheint, als sei derselbe von einer amorphen Substanz erfüllt. Dass dies nicht der Fall sei, dass die Verkernung einerseits auf einer stofflichen Veränderung, andererseits auf einer Verdickung des vorgebildeten, innersten Schichtungscomplexes beruhe, von dem aus die dunklere Färbung, mehr oder weniger intens, sich auch den äusseren Schichtungscomplexen und den Tipfelräumen mittheilt, erkennt man am schärfsten auf Querschnitten aus dem Ebenholze, von der Grenze zwischen dem ungefärbten Splinte und dem schwarzen Kernholze entnommen. Hierauf reducirt sich die Lehre von den inkrustirenden Materien.

C. Die Oberhaut.

§. 46. Unter den Zellkernen im Ptychoderaume des Keimsäckchens (Taf. I, Fig. 6, 72, 73) entwickelt sich einer oder eine Mehrzahl derselben zu Vorkeimzellen, die in einigen Fällen, z. B. bei Lupinus, als solche

sofort erkennbar sind durch ihren Gehalt an Chlorophyllkörnchen und durch die darauf beruhende grüne Farbe, während die zu Endospermzellen sich ausbildenden Zellkerne einen ungefärbten Inhalt behalten.

Taf. I, Fig. 19—26 zeigt die Entwickelungsfolge eines einzelnen Zellkerns aus dem Keimsäckchen der Lupine zum gestreckten, vielzelligen Vorkeime.

Die Figuren 19—22 zeigen die Umbildung des Zellkerns in einen nackten Ptychodeschlauch durch Makrophysalidenbildung, dessen Inhalt an grünen Körnchen aus der Umbildung der Kernstoffkörperchen, dessen centraler Zellkern aus dem Kernkörperchen des ursprünglichen Zellkerns entstand.

In Figur 23 hat der neue Zellkern einen Monophysalid und durch diesen einen neuen Ptychodeschlauch gebildet, dessen Raum, vom Rande der Kernstoffmasse aus, sich ebenfalls mit grünen Körnchen gefüllt hat (vergl. Fig. 16, 15, 59).

In den Figuren 24, 25 hat sich der erste Ptychodeschlauch zur Zellwand umgewandelt, deren inneren Fläche der neue Ptychodeschlauch angelagert ist.

Aus dem im Ptychoderaume lagernden Zellkerne Fig. 24, sind in Fig. 25 eine grössere Zahl neuer Zellkerne durch Theilung entstanden, deren jeder einen Monophysalid nach dem Innenraume der Zelle hin entwickelt hat. Durch einen, den Figuren 21—24 entsprechenden Entwickelungsverlauf entstehen, im Innern der ersten Wandungszelle, gleichzeitig eine Anzahl neuer Zellen, die sich übereinander lagern und den Vorkeim der Lupine bilden (Fig. 26), dessen Endzelle zum Embryo sich fortbildet (Fig. 12 b).

Die erste Zellwandung umschliesst fortdauernd nicht allein die Zellen des Vorkeims sondern auch die des Embryo am Ende desselben als gemeinschaftliche Hülle. Als solche ist sie in allen späteren Entwickelungszuständen des Embryo, wenn auch, in Folge der Dehnung über rasch sich vergrössernden Zellgewebsmassen, nur als ein zartes Häutchen nachweisbar, und zwar durch längere Aufbewahrung in verdünnter Schwefelsäure, Chlorzink-Jodkalium oder salpetersaurem Quecksilberoxyd, wodurch sie sich vom unterliegenden Zellgewebe abhebt.

Wenn wir nun an der älteren Pflanze die Oberhaut wieder auffinden als einen der Zellwandung ähnlichen Ueberzug, wie letztere bestehend aus einer äussersten und innersten Haut, zwischen denen Ablagerungsschichten den Raum füllen, so ist die Annahme wohl gerechtfertigt, dass auch die zarte Oberhaut des wachsenden Embryo, wie die der rasch wachsenden Theile älterer Pflanzen, an denen eine Zusammensetzung aus Häuten und Ablagerungsschichten ihrer Zartheit wegen optisch nicht nachweisbar ist, dennoch die Elemente der Zellwandung in sich trage, dass die Oberhaut zu jeder Zeit Zellwandung, und zwar die Zellwandung der ersten Zelle sei, fortwachsend im Umfange aller nachgebildeten Zellen und von diesen ernährt.

Dass eine solche Art der Ernährung möglich sei, dafür haben wir die schlagendsten Beweise in der Ernährung des keimenden Embryo der Nadelhölzer, der Esche, Linde etc., deren erste Blätter den Reservestoff aus dem kappenförmig sie bedeckenden Endosperm in sich aufnehmen, ohne mit diesem in irgend einer organischen Verbindung zu stehen. Besitzt aber die Oberhaut das Vermögen, von aussen her Bildungsstoffe dem Zellgewebe des Endosperm zu entziehen, so wird sie diese noch leichter dem Zellgewebe ihrer eigenen Epidermis entnehmen können.

Die der Zellwandung analoge Zusammensetzung der Oberhaut aus zwei Häuten, mit dazwischen gelagerten Celluloseschichten, ist in neuester Zeit durch Trecul bestätigt worden (Comptes rendus 1856 No. 13, 14, 18). Was dort gesagt ist, passt alles recht gut auf die von mir im Jahre 1842 Taf. 27, 28, 31 im 4ten Hefte meiner Naturgeschichte der forstlichen Culturpflanzen gegebenen Abbildungen und nur in der Genesis sind wir noch abweichender Meinung. Was die „exemples mal choisis“ betrifft, so beruht die Angabe Trecul's wohl auf einem Irrthum, denn ich habe Hyacinthus orientalis weder an dem von ihm bezeichneten Orte, noch anderswo, als Beispiel zusammengesetzten Baues der Oberhaut angeführt.

Aber auch noch in anderer Richtung giebt sich die Oberhaut der Pflanzen als ein der Zellwandung analog gebildeter Pflanzentheil zu erkennen.

Wir haben gesehen: dass die Zellwandung nicht überall gleichmässig verdickt sei, dass, durch Verwachsung der beiden, die äussere und innere Grenze der Zellwand bildenden Zellhäute, verdünnte Stellen oder Kanäle sich bilden, die, an der äusseren Zellengrenze, nur durch die beiden, verwachsenen Häute verschlossen sind. Solche verdünnte Stellen der Wandung finden wir nun auch in der Oberhaut höher entwickelter Pflanzen, besonders der Blätter und blattartigen Theile derselben, verschlossen allein durch den häutigen Bestandtheil der

Oberhaut. Es sind dies die sogenannten Spaltöffnungen, die aber ganz gewiss keine Oeffnungen, sondern Schlichthautflächen der Oberhaut sind. Durch mangelhafte Methode der Untersuchung ursprünglich und bis heute als wirkliche Durchbrechung der Oberhaut betrachtet, arbeite ich schon seit zwanzig Jahren an der Vertilgung dieser Ansicht aus der Wissenschaft (Naturgeschichte der forstl. Culturpflanzen, Heft 4, Taf. 27, 28, 31; Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Pflanzenzelle, 1842; Bot. Zeitung 1853, S. 400, 1854, S. 895). Ich habe durch das Experiment nachgewiesen, dass, auch in den täuschendsten Fällen, durch Behandlung der macerirten Oberhaut mit Alkohol und Aetzkalilauge, eine wirkliche Durchbrechung sich nicht zu erkennen gebe; ich habe das berühmte Experiment mit den Tinteklexen durch Gegenversuche gründlich widerlegt und gezeigt, dass die mit Schlichthautflächen dicht bedeckte Oberhaut, über Stärkemehllösung ausgebreitet, selbst für Jodlösung undurchlassend sei (Erklärung der Abbildungen zu Heft IV der forstl. Culturpflanzen); ich habe, durch Maceration vom Zellgewebe gänzlich befreite, Oberhautschläuche junger wie alter Blätter zu endosmotischen Versuchen mit den empfindlichsten Reagentien verwendet (Bot. Zeitung 1853, S. 481); ich habe die Integrität der Oberhaut aus deren Entwickelungsgeschichte nachgewiesen (Bot. Zeitung 1854, S. 896), endlich darauf aufmerksam gemacht, wie rasch und sorgfältig gewaltsame Verletzungen durch das stellvertretende Korkzellgewebe verschlossen werden, wie unwahrscheinlich es schon aus diesem Grunde sei: dass, im Gegensatze zum thierischen Körper, die atmosphärische Luft durch unzählige Oeffnungen freien Zutritt zu den innersten Theilen der Pflanze finde, und ich darf die volle Ueberzeugung aussprechen, dass die Oberhaut der Blätter nie und nirgends durch Spaltöffnungen durchbrochen sei. Wo wirkliche Löcher in der Oberhaut vorhanden sind, wie z. B. in den Blättern einiger Moose (Leben der Pflanzenzelle Taf. II, Fig. 22), da sind diese auch leicht und sicher als solche zu erkennen. Es wäre endlich wohl an der Zeit, dass einmal ein direkter Beweis für die Durchbrechung der Oberhaut geliefert werde, wie ich deren so viele dagegen gegeben habe.

ZWEITER THEIL.

Entwickelungsgeschichte des Pflanzeneies bis zur Entstehung des Keims.

A. Die Blüthe.

§. 47. Bei jährigen Pflanzen, zur Zeit herannahender Vollendung des Wachsthums, bei mehrjährigen Pflanzen erst im höheren Alter erreichter Mannbarkeit, verwachsen die letzten Blattausscheidungen der letzten End- oder Seitentriebe, schon in der Knospenanlage, unter sich und mit den sie tragenden Axengebilden zur Blüthe, deren wesentliche, der Fortpflanzung dienstbare Organe in den Staubbeuteln und im Fruchtknoten eingeschlossen sind.

Die Staubfäden, Träger der Staubbeutel, sind Blätter, in deren Spitze das Zellgewebe eigenthümliche, zellkernähnliche Einschlüsse zu kleinen, kugeligen Körpern ausgebildet hat, die wir Blüthenstaub nennen, und von denen wir wissen, dass sie auf der Narbe des Fruchtknotens zu langen Schläuchen (Pollenschläuche) auswachsen, in das Zellgewebe des Griffels eindringen und, wenigstens in vielen Fällen, bis zum Keimsäckchen des Pflanzeneies hinabwachsen, die Befruchtung vermittelnd, wahrscheinlich durch Abgabe eines Theils ihrer Säfte (Fovilla) an den Ptychoderaum des Keimsäckchens.

Dass die Befruchtung der Blüthe nothwendig sei zur Erzeugung einer Keimpflanze, beweisen eingeschlechtige Pflanzen wie Salisburia, Taxus, Salix, Populus, deren Same, wenn gleich in jeder andern Hinsicht vollkommen ausgebildet, doch stets des Keimes ermangelt, wenn männliche Pflanzen ihrer Art in weitem Umkreise nicht vorhanden sind, beweist ferner die Bastardzeugung zwischen verschiedenen Arten derselben Pflanzengattung, die Aehnlichkeit des Bastards mit der Vaterpflanze. Ob es aber nothwendig sei: dass in allen Fällen der Pollenschlauch bis zum Keimsäckchen vordringe, das ist eine Frage, die ich in einer früheren Arbeit „Theorie der Befruchtung", Braunschweig 1842, Vieweg, behandelt und in Zweifel gestellt habe *).

Der Fruchtknoten, bestehend aus nur einem offnen Blatte, oder aus einer Mehrzahl krugförmig zusammengewachsener Blätter, ist das Organ, auf dessen Aussenfläche, oder in dessen Innerem sich ein oder mehrere knospenartige Gebilde zu dem entwickeln, was wir Pflanzenei (später Samenkorn) nennen, weil es, wie das thierische Ei, die Bildungsstätte einer neuen Pflanze ist.

*) Die eingeschlechtige, oder, wie es jetzt heisst, die jungfräuliche Zeugung (Parthenogenesis) habe ich für alle Arten der Gattung Cynips (im engeren, von mir beschränkten Sinne) ausser Zweifel gestellt. Es giebt hier unbedingt keine Männchen, die bei den Blattläusen wenigstens nach mehreren Generationen wieder auftreten (vergl. meine Arbeiten über diese Insektenfamilie in „Germar entomolog. Zeitschrift" 2.—4. Band). v. Siebold hat in neuerer Zeit Aehnliches auch für die Bienen nachgewiesen, und jetzt hat sich auch eine Pflanze gefunden: Coelebogyne ilicifolia (Euphorbiac.), die, bei nur weiblichen Befruchtungsorganen, im Berliner und Londoner botanischen Garten fruchtbaren Samen erzeugte. Al. Braun in den Sitzungsberichten der Berliner Akad. der Wissensch. October 1856.

B. Das Pflanzenei.

§. 48. Im Fruchtknoten der Blüthe, wenn letztere noch in der Knospe ruht, also lange Zeit vor eintretender Befruchtung, erhebt sich ein kleines, zelliges Wärzchen über die Innenfläche der Fruchtknotenhöhle, oder aus dem Zellgewebe einer Mittelsäule da, wo später das Pflanzenei (Samenknospe) oder der Same angeheftet ist. Dies kleine, zellige Wärzchen ist der Anfang der Ei- oder Samenbildung (Taf. I, Fig. 1). *)

Bald darauf bildet sich ein ringförmiger Wall an der Basis der Kernwarze (Taf. II, Fig. 2).

Während die Kernwarze selbst sich vergrössert, wächst der Wall an ihr empor und bildet eine schalige Hülle, die, an ihrer Spitze sich allmählig verengend, die Kernwarze einhüllt bis auf eine kleine Oeffnung über derselben, die Keimöffnung (Mikropyle) genannt (Taf. I, Fig. 68).

In anderen Fällen bildet sich am Grunde der ersten noch eine zweite, äussere Umwallung, die zu einer zweiten äussersten Eischale erwächst, eine zweite Keimöffnung über der ersten bildend (Taf. I, Fig. 74, 70).

Diese Umhüllungen erwachsen zu den Ei- oder Samenhäuten, deren äussere in allen Fällen Testa, deren innere, wo eine zweite innere Haut vorhanden ist, Tegmen genannt wird.

Nicht immer wachsen die Wälle im Umfange der centralen Kernwarze gleichmässig empor. Bei vielen Pflanzenarten bleiben sie auf der einen Seite im Wuchse zurück, während die entgegengesetzte Seite kappenförmig über die Kernwarze hinauswächst. So verhält es sich z. B. bei den hülsenfrüchtigen Pflanzen (Taf. I, Fig. 3, Hasel Fig. 69, Linde Fig. 70). Die Keimöffnung liegt dann nicht an der Spitze sondern an der Basis des Eies. Durch örtlich gesteigerte Zellenmehrung wendet sich dann auch die Spitze der Kernwarze stets der Keimöffnung zu (Taf. I, Fig. 4, 5, 69).

Die Function der Eihäute und der aus ihnen sich bildenden Samenhäute beschränkt sich in den allermeisten Fällen auf Beschützung der Kernwarze und der in dieser entstehenden Gebilde.

Die Kernwarze ist ursprünglich ein, aus gleichgebildetem, parenchymatischen Zellgewebe bestehender Pflanzentheil, das Axengebilde der Samenknospe. Eine ihrer Zellen, von allen übrigen ursprünglich nicht verschieden, ist es, aus welcher das Keimsäckchen erwächst, die Bildungsstätte des Keims und des Endosperms.

C. Das Keimsäckchen.

§. 49. Schon vor Eintritt der Blüthezeit vergrössert sich eine der Zellen des Kernwärzchens auf Kosten der allmählig resorbirten Nachbarzellen zum Keimsäckchen. In der Regel, aber nicht überall, ist es eine der mittleren Zellen, die diese Vergrösserung erleidet (Taf. I, Fig. 4 Lupinus). Bisweilen liegt diese Zelle mehr nach der Basis der Kernwarze zu (Taf. I, Fig. 71 Ricinus), oder unfern der Spitze (Taf. II, Fig. 1 Cucurbita). Unter fortgesetzter Resorbtion des umgebenden Zellgewebes vergrössert sich das Keimsäckchen entweder gleichmässig nach allen Seiten und bleibt eine ellipsoidische Zelle (Taf. I, Fig. 4, 5), oder sie steigt schlauchförmig vom Grunde der Kernwarze zu deren Spitze auf (Taf. I, Fig. 71, 73), oder sie senkt sich schlauchförmig von der Spitze der Kernwarze zu deren Basis hinab (Taf. II, Fig. 1, 2).

In vielen Fällen resorbirt das Keimsäckchen alle Zellen der Kernwarze und dringt dann, in der Form eines mehr oder weniger kegelförmigen Schlauches, selbst in den Keimgang und bis zur Keimöffnung (Taf. I, Fig. 6 Lupinus). In anderen Fällen bleibt von der Kernwarze ein mehr oder weniger grosser Rest (Taf. I, Fig. 74 Ricinus). Nur selten bleibt der bei weitem grösste Theil des Zellgewebes der Kernwarze und wird zum Träger des Reservestoffes (Perispermium) im reifen Samenkorne (Taf. I, Fig. 68 Nuphar). Das Keimsäckchen ist in allen Fällen eine wahre, nur aussergewöhnlich vergrösserte Zelle mit doppelhäutigem Ptychodeschlauche und mit einem von diesem umschlossenen Innenraume. Wie in jeder anderen stoffbildenden Zelle enthält der Innenraum eine wasserklare, zuckerhaltige Flüssigkeit, ohne irgend eine Beimengung von körnigen oder bläschenförmigen Körpern, die auch hier, wie in jeder anderen Zelle im Ptychoderaume lagern, und vom Innenraume des Keimsäckchens durch die innere Schlauchhaut dauernd geschieden sind.

Der Ptychoderaum des Keimsäckchens enthält jetzt aber nicht mehr nur einen Zellkern, wie die Zelle aus

*) Ueber Ei- und Knospenbildung durch Ab- und Ausspaltung vorgebildeter Zellgewebsmassen siehe Bot. Zeitung 1854, S. 4, 1855, S. 223.

welcher er entstanden ist, sondern eine, mit der Vergrösserung des Keimsäckchens steigende Zahl derselben, partienweise vereint zu Brutbeuteln, durch eine sie umschliessende, gemeinschaftliche Hüllhaut (Taf. I, Fig. 27, 28 Phaseolus). Nur ausnahmsweise entwickeln sich aus einzelnen Zellkernen einzelner Brutbeutel Chlorogen- und Chlorophyll-Körnchen und Bläschen (Taf. I, Fig. 10, 11, 13, 14 Lupinus). Es sind das diejenigen Brutbeutel, die später zu Vorkeimen, oft in grosser Mehrzahl, sich fortbilden.

Die Zellkerne im Ptychoderaume des Keimsäckchens sind es, aus denen, im Verfolg der Entwickelung, einerseits Vorkeime und Keime, andererseits das Zellgewebe des Endosperm entsteht. Je nach den hierbei stattfindenden Verschiedenheiten zeigen auch die Schlauchhäute des Keimsäckchens ein verschiedenes Verhalten. Wir wollen die wesentlichsten der mir bekannten Unterschiede zunächst ins Auge fassen.

§. 50. Die Zelle für das Keimsäckchen liegt unfern der Kernwarzenspitze und verlängert sich schlauchförmig in der Axe der Kernwarze nach deren Basis hin.

Einen solchen Fall habe ich Taf. II, Fig. 1 und 2 aus Cucurbita dargestellt. Fig. 1 ist die Kernwarze kurz vor der Bestäubung, das Schnäbelchen derselben ist dicht erfüllt mit körnigem Stärkemehl, darunter der junge Embryosack, der in Fig. 2 (kurz nach der Bestäubung) bis zur Basis der Kernwarze hinab sich verlängert hat. In seiner ganzen Länge zeigt er sich dicht erfüllt mit Zellkern-Brutbeuteln; in der Spitze sieht man den, in einer Einstülpung der inneren Schlauchhaut liegenden, jungen Keim. In auffallender Weise lösen sich in seiner Umgebung die Oberhautzellen der Kernwarze zu pollenschlauchähnlichen, vielfach sich verästelnden Fasern ab, wie dies die Abbildung darstellt. Endospermzellen bilden sich hier nur in der Umgebung des Keims. Der obere Theil des Embryosackes schwillt dadurch zur Eiform an, wie dies Fig. 3 darstellt, während im unteren, schlauchförmigen, durch fortdauernden Längenwuchs im beschränkten Raume schlangenförmig hin und her gebogenen Theile (*) der Inhalt im Zustande der Zellkern-Brutbeutel verbleibt. Wo der untere, schlauchförmige Theil trichterförmig in den, das Endosperm einschliessenden, eiförmigen Theil übergeht, kann man vermittelst Karminlösung recht scharf den Uebergang der Zellkerne in die grossen Endospermzellen verfolgen, deren weitere Ausbildung die Figuren 14—26 versinnlichen, während die Figuren 4—14 Kernkörperchen und Zellkerne aus den gigantischen Endospermzellen darstellen. Ich habe über dieselben bereits in den §§. 10, 19, 20 gesprochen, und komme darauf im §. 54 zurück.

Sehr ähnlich dem der Cucurbitaceen ist das Keimsäckchen der Amygdaleen. In beiden Familien bildet das in ihm sich entwickelnde Endosperm jene glashelle, gallertähnliche Zellgewebsmasse, die im unreifen Samenkorne der Pflaumen bis zur gänzlichen Verdrängung des Innenraumes heranwächst, später von dem sich vergrössernden Embryo gänzlich resorbirt wird.

Auch bei Nuphar entwickelt sich das Keimsäckchen unfern der Kernwarzenspitze, und wächst von da schlauchförmig zum Grunde der Kernwarze hinab. Während bei Cucurbita das Zellgewebe der Kernwarze fast vollständig durch das Keimsäckchen resorbirt wird, mit Ausschluss eines, dem Keimgange zunächst liegenden, kappenförmigen Theiles und dessen stärkemehlhaltigen, im Keimgange liegenden Schnäbelchens, werden bei Nuphar nur sehr wenig Kernwarzenzellen resorbirt; der schlauchförmige Keimsack liegt, wie Taf. I, Fig. 68 zeigt, zusammengepresst in der Axe des Kernwarzenzellgewebes und nur in einer Weitung unfern der Spitze desselben sieht man den grünen Keim, umgeben von einer geringen Menge klebermehlführender Endospermzellen, in einer Einstülpung der inneren Schlauchhaut liegen, während die Zellen der Kernwarze das Magazin für die, aus mehrfach componirtem Stärkemehl bestehenden, Reservestoffe werden.

Ich habe in Fig. 68 die eigenthümliche, in allen Kernwarzenzellen gleichartige, vom Grunde der Zelle aufsteigende Ablagerungsweise der Stärkemehlkörnchen durch dunkle Punktirung im Innern der Zellen anzudeuten versucht. Die Füllung der Zellen mit Stärkemehl von einem ihrer Enden aus habe ich nur noch in den mehlführenden Holzfasern der Akazie in ähnlicher Weise beobachtet; dort ist es aber die Spitze, nicht, wie bei Nuphar, die Basis der Zelle, von welcher die Mehlbildung ausgeht. Ueber die Entwickelung des Stärkemehls von Nuphar habe ich §. 85 weiter berichtet.

§. 51. Die Zelle für das Keimsäckchen liegt unfern der Kernwarzenbasis und erweitert sich schlauchförmig nach der Spitze der Kernwarze hin.

Einen solchen Fall stellt Taf. I, Fig. 71—74 aus dem Samen von Ricinus dar. Fig. 71 ist das doppelhäutige Ei mit der krugförmigen Kernwarze kurz vor der Bestäubung. Das unter der Kernwarzenmitte liegende Keimsäckchen, mit seinem Inhalte an Zellkernen, ist Fig. 72 isolirt und in grösserem Maassstabe dargestellt.

Fig. 73 ist die Kernwarze allein, einige Tage nach der Befruchtung. Das Keimsäckchen ist schlauchförmig bis zur Spitze der Kernwarze emporgestiegen, unter Resorbtion eines, seiner Grösse entsprechenden, Theiles der Kernwarze-Zellen. Schon jetzt erkennt man sehr deutlich die beiden Schlauchhäute des Embryosackes, zwischen denen überall Zellkern-Brutbeutel lagern, bis auf eine kleine Einstülpung der inneren Schlauchhaut an der Spitze des Embryosackes, in welcher, wie bei Cucurbita, der junge Keim gelagert ist. Im Samen der Clematideen tritt auch am entgegengesetzten Ende des Embryosackes häufig eine ähnliche Einstülpung der inneren Schlauchhaut auf, die aber, wie die benachbarten Theile des Ptychoderaumes, sich mit Endospermzellen füllen.

Fig. 74 stellt den Längenschnitt des ganzen Samenkorns dar, ungefähr 8—10 Tage später, um zu zeigen, wie im ganzen Umfange des Keimsäckchens, aus den Zellkernen des Ptychoderaumes, ein, durch Selbsttheilung überall radial nach der Kernwarzenaxe sich fortbildendes, Endosperm entstanden ist, vom Innenraume des Keimsäckchens fortdauernd geschieden durch die innere Schlauchhaut, die hier durch Karminlösung sehr deutlich hervortritt. Fig. 75 habe ich diese innere Schlauchhaut mit den ihnen anliegenden Zellkernen stärker vergrössert gezeichnet, um die granulirte Struktur der Haut erkennen zu lassen. Ebenso deutlich lässt sich hier erkennen: dass der Keim in der Einstülpung nur der inneren Schlauchhaut liegt. So weit meine Beobachtungen reichen ist dies allgemein der Fall. Diese Thatsache ist von Wichtigkeit in Bezug auf die Befruchtungsfrage, denn sehr wahrscheinlich hat die Einstülpung der inneren Schlauchhaut Veranlassung gegeben zu der Meinung: es werde der ganze Embryosack durch den andringenden Pollenschlauch eingestülpt. Ich habe daher Taf. I, Fig. 69 den Durchschnitt des Eies von Corylus, Fig. 70 von Tilia gezeichnet, an denen ebenfalls die Lage des Embryo in einer Einstülpung nur der inneren Schlauchhaut sehr deutlich erkannt werden kann.

In Fig. 74 sind, mit Ausschluss des, auch noch am reifen Samenkorne nachweisbaren Schnäbelchens, die oberen Theile der Kernwarze bis auf wenige Zellenlagen resorbirt, in der unteren Hälfte hingegen sehen wir noch bedeutende Reste dieses Zellgewebes im Umfange des Endosperm, die im Verlauf des Reifens zwar noch mehr, aber doch nicht völlig resorbirt werden, wohingegen der Innenraum des Keimsäckchens endlich ganz verdrängt wird. Das Endosperm wird hier zum Magazin des Reservestoffs an Klebermehl für die Keimung. Die Blätter des Keims bleiben dünn und nehmen die Nahrung aus dem Endosperm erst beim Keimen in sich auf, wie die Nadelhölzer, wie Esche, Linde etc.

§. 52. Besonders instruktiv in Bezug auf die allseitige, radiale Entwickelung der Endospermzellen und deren Abgrenzung vom inneren Raume des Keimsäckchens durch eine innere Schlauchhaut, sind besonders Clematis, Atragene, ferner auch Fraxinus und Tilia.

Die Zelle für das Keimsäckchen liegt nahe der Mitte des Kernwärzchens und erweitert sich mehr oder weniger blasenförmig nach allen Seiten, oft mit einem schnabelförmigen Fortsatz, über die Spitze der Kernwarze hinaus, in den Keimgang hinein sich erweiternd.

Taf. I, Fig. 1—9 giebt die Entwickelungsfolge des Pflanzeneies der Leguminosen (Lupinus). Fig. 1—3 zeigt das allmählige Ueberwachsen der ursprünglich nackten Kernwarze (1) von der hier einfachen, später zur Samenhülle sich ausbildenden Eihaut. In Fig. 4 sehen wir, in der Mitte der Kernwarze, die zum Keimsäckchen erweiterte Zelle (Fig. 10 isolirt und stärker vergrössert). In Fig. 5 hat das Keimsäckchen die Zellen der Kernwarze beinahe, in Fig. 6 hat es diese gänzlich resorbirt, und füllt mit einem gekrümmten Schnäbelchen auch den Keimgang, in ihm bis zur Keimöffnung vordringend. In diesem Entwickelungszustande, bald nach vollzogener Befruchtung, enthält der Ptychoderaum des Keimsäckchens nur Zellkerne, partienweise zu schlauchförmigen, verästelten Brutbeuteln vereint, in ähnlicher Weise wie Fig. 27 aus Phaseolus (§. 53) darstellt; der Abschluss dieser Brutbeutel, von dem mit wasserklarer Flüssigkeit erfüllten Innenraume des Keimsäckchens durch eine innere Schlauchhaut, ist leicht und mit grosser Bestimmtheit nachweisbar (vergl. auch Aesculus).

Ehe noch die Blumenblätter abgeworfen werden, haben sich die Zellkerne im Schnäbelchen des Keimsackes theilweise zu einem wasserklaren Endosperm umgebildet, das in Fig. 7 eben nur das Schnäbelchen ausfüllt, in Fig. 8 und 9, durch Zellentheilung sich vergrössernd, den Innenraum des Keimsäckchens immer weiter in Anspruch nimmt, bis zur gänzlichen Ausfüllung und Verdrängung des Innenraums (9). Da hier die, ausserhalb des Schnäbelchens liegenden Zellkerne des Ptychoderaumes an der Perispermbildung nicht Theil nehmen, sondern nach wie vor durch Karminlösung roth gefärbt werden, so lässt sich in allen diesen Entwickelungszuständen die, durch das heranwachsende, glashelle Endosperm bewirkte Einstülpung der inneren Schlauchhaut auch hier sehr be-

stimmt verfolgen. Durch den Schnitt wird sehr häufig die, das Endosperm bekleidende, Schlauchhaut gewaltsam abgehoben und man erkennt sie dann isolirt in der Fig. 8 angedeuteten Weise.

Aber nicht alle Zellkerne des Schnäbelchens bilden sich zu wasserklaren Endospermzellen aus. Einzelne Brutbeutel verwandeln sich schon sehr früh in Vorkeime, erkennbar hier an ihrer, durch Chlorophyll grünen Färbung. Fig. 11 und 13 stellen solche Brutbeutel isolirt dar, in Fig. 7 und 12 ist ihre Vertheilung zwischen den wasserklaren Endospermzellen angedeutet. In der Regel ist es nur einer dieser grünen Vorkeime, der zu einem vielzelligen Träger heranwächst (Fig. 25, 26), dessen, dem Innenraume des Keimsäckchens zugewendete, Endzelle sich zum Embryo ausbildet (Fig. 12 b). Ich komme hierauf im §. 62 ausführlicher zurück.

Auch bei den Leguminosen ist das Endosperm eine vorübergehende Bildung und wird, schon vor der Samenreife, von dem heranwachsenden Embryo, in den Figuren 8 und 9 durch die grüne Färbung erkennbar, allmählig resorbirt.

Taf. I, Fig. 66, 67 habe ich einen Fall dargestellt, in welchem Endospermbildung gar nicht statt findet. Das Ei von Tropaeolum ist dem der Hülsengewächse sehr ähnlich gebaut, und können die, für letztere Taf. I, Fig. 1—6 gezeichneten, Entwickelungszustände auch für Tropaeolum als Erläuterung dienen. Ein wesentlicher, sehr instructiver Unterschied liegt aber darin, dass auch im Schnäbelchen des Embryosackes bei Tropaeolum die Zellkerne nicht zu Endospermzellen heranwachsen, sondern, wie im unteren Theile des Keimsäckchens von Lupinus, im unveränderten Zustande verharren, bis sie endlich vom heranwachsenden Embryo resorbirt werden. Nur ein einzelner Zellkern-Brutbeutel in der äussersten Spitze des Schnäbelchens ist es, der zu einem vielzelligen Vorkeime und Träger heranwächst, an dessen Spitze der Embryo entsteht, wie dies Fig. 66 darstellt. In Folge des fehlenden Endosperms bekleidet die eingestülpte innere Schlauchhaut, eng anliegend, den in der Spitze des Trägers nach dem Innenraume des Keimsäckchens vordringenden Embryo. Mit der eingestülpten, inneren Schlauchhaut werden hier auch unveränderte Zellkerne, also ein nicht entwickeltes Endosperm, zwischen Schlauchhaut und Embryo oder Träger lagernd, den Letzteren zugeführt, wodurch Karminlösung das ganze Sachverhältniss mit grosser Sicherheit erkennen lässt. Die Bekleidung des Embryo durch die eingestülpte, innere Schlauchhaut, ebenso auch die zwischen ihr und dem Embryo lagernden Zellkerne, erhalten sich bei Tropaeolum aussergewöhnlich lange, bis zu der Zeit, in welcher die beiden Samenlappen nahe daran sind sich zu schliessen und mit den inneren Blattflächen untereinander zu verwachsen (Fig. 67). Es wird dadurch Tropaeolum zu einem der wichtigsten Beweismittel für die Doppelhäutigkeit des Keimsäckchens und für die Trennung des Endosperm (oder dessen Grundlage), wie des Embryo, vom Innenraume des Keimsäckchen durch eine innere Schlauchhaut. Das Vorhandensein der äusseren, das Endosperm und den Embryo einhüllenden Haut ist überall leicht nachweisbar.

Auch an dem bis Mitte August grünen Embryo der Linde (Taf. I, Fig. 70) lässt sich die ihn bekleidende innere Schlauchhaut, in ähnlicher Weise wie bei Tropaeolum, mit zwischenlagernden, verästelten Zellkern-Brutbeuteln, sehr bestimmt erkennen. Diese Zellkerne bilden später Stärkemehl.

Im gleichfalls centralen Embryosacke der Nadelhölzer entwickelt sich die Mehrzahl der Zellkerne zu bleibenden Endospermzellen, deren Gehalt an Klebermehl oder Stärkemehl erst während der Keimung vom Embryo aufgesogen wird. Unfern der Spitze des Keimsäckchens bilden sich ein oder mehrere Zellkern-Brutbeutel zu mehrzelligen Vorkeimen aus, von denen mehrere Schläuche nach dem Grunde des Keimsäckchens hinab wachsen. Jeder dieser Schläuche ist befähigt, an seinem, der Keimöffnung entgegengesetzten Ende einen Embryo zu entwickeln (Polyembryonie), von denen jedoch in der Regel nur ein einzelner zur weiteren Ausbildung schreitet. Bei Taxus kommt der merkwürdige Fall vor, dass mehrere, ursprünglich getrennte Schläuche an ihrer Spitze einen gemeinschaftlichen Embryo durch Verwachsung (Zellen-Confluenz) bilden (Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Pflanzenzelle 1843, Taf. I, Fig. 27 — die Figuren 23 und 24 bedürfen einer Revision mit Hülfe der Karminlösung). Die Entwickelungsgeschichte des Embryo von Pinus habe ich in meiner Naturgeschichte der forstl. Culturpflanzen Taf. 25, Fig. 1—30 schon im Jahre 1841 gegeben und erlaube ich mir dorthin zu verweisen, woselbst auch Beiträge zur Entwickelungsgeschichte mehrerer Amentaceen-Gattungen (Quercus, Fagus, Castanea) mitgetheilt sind.

D. Die Zellkern-Brutbeutel des Keimsäckchens.

§. 53. Wie wir gesehen haben ist das Keimsäckchen ursprünglich eine einfache, parenchymatische Zelle und enthält, wie diese, in der Regel nur einen Zellkern. Während des Heranwachsens der Zelle vermehrt sich

aber die Zahl der Zellkerne, meist bis zur Füllung des ganzen Ptychoderaums. Diese Zellkerne liegen dann nicht vereinzelt nebeneinander, sondern sie sind partienweise eingeschlossen in eine gemeinschaftliche, äusserst zarte Hüllhaut, mit der sie den meist verästelten, schlauchförmigen Brutbeutel bilden.

Taf. I, Fig. 34 ist der ursprüngliche Zellkern, aus der zum Keimsäckchen bestimmten Zelle des Eies der gelben Lupine, mit einfachem Kernkörperchen, das sich Fig. 35 zu einem Kranzkörperchen entwickelt, Fig. 36, 37 zu zwei Kranzkörperchen abgeschnürt hat. In Fig. 38 deutet der lichte Ring um die beiden Kranzkörperchen auf die Bildung zwei neuer Zellkerne aus letzteren. In dem Maasse als diese sich entwickeln, schwindet die farbenspeichernde Eigenschaft des ursprünglichen Kernstoffs, der sich jetzt als eine opake, granulirte Flüssigkeit zu erkennen giebt, eingeschlossen von der ursprünglichen Hüllhaut des Zellkerns. Derselbe Vorgang hat sich in den Figuren 40, 41 theils durch Zweitheilung, theils durch Dreitheilung der Kernkörperchen wiederholt und eine, dem entsprechende, grössere Zahl von Zellkernen erzeugt, sämmtlich fortdauernd umschlossen von der erweiterten Hüllhaut des ursprünglichen Zellkerns, die hier dieselbe Bedeutung hat wie die Cuticula des Embryo.

Die Zellkerne mit ihrer gemeinschaftlichen Hüllhaut bilden das was ich den Brutbeutel genannt habe. Durch fortgesetzte Bildung von Tochterkernen sich vergrössernd, bilden sie im natürlichen Zustande verästelte Schläuche (Taf. I, Fig. 10, 11, 13, 27), die sich durch Abschnürung theilen und vermehren (Taf. I, Fig. 10), in dem Maasse als der Ptychoderaum des Keimsäckchens sich vergrössert. Die in den Situationszeichnungen Taf. I, Fig. 4—9, 66—67, 73, Taf. II, Fig. 1—3 roth gefärbten Körper bezeichnen nicht einzelne Zellkerne, sondern einzelne Brutbeutel.

Die verästelte Schlauchform der Brutbeutel erkennt man am besten, wenn man den Saft des Keimsäckchens junger Bohnen oder Erbsen etc. nach dem Oeffnen derselben mit dem Messer, auf die Objectplatte in schwache Karminlösung ausdrückt und sofort unter schwachem Objectiv beobachtet, denn die contractile Natur der Hüllhaut verleugnet sich auch hier nicht. Wenige Secunden in der, aus Zellsaft und Ptychodesaft gemengten, Flüssigkeit liegend, consolidiren sich die vielarmigen (Taf. I, Fig. 27) Brutbeutel durch Einziehen der Arme zu einem Fig. 28 ähnlichen Complexe. Längere Zeit erhalten sich die verästelten Brutbeutel im Lindensamen, woselbst die Zellkerne derselben, vor endlicher Resorbtion (Mitte September) zur Stärkemehlbildung schreiten.

So zart die Hüllhaut der Brutbeutel ist, muss sie doch ziemlich fest und ihre Contractionskraft eine nicht unbeträchtliche sein, da die von ihr eingeschlossenen Zellkerne sich gegenseitig häufig in polyedrische Form drücken, wie dies Taf. I, Fig. 28 zeigt; eine Form die den einzelnen Zellkernen nicht zuständig ist, da dieselben sich abrunden, wenn sie vermittelst der Präparirnadel isolirt werden (Taf. I, Fig. 29, 30).

Die Zellkerne der Brutbeutel des Keimsäckchens entwickeln sich entweder zu Endospermzellen, oder sie bilden die Vorkeime und durch diese den Keim, oder sie bleiben was sie sind, bis zu ihrer Auflösung und Resorption.

E. Endosperm-Bildung.

§. 54. Perisperm heisst dasjenige Zellgewebe des Samenkorns, welches aus den Zellen der Kernwarze erwächst, wenn es nicht resorbirt wird, sondern sich mit Reservebildungsstoffen füllt (Nuphar Taf. I, Fig. 68). In den meisten Fällen wird dies Zellgewebe während des Reifens ganz (oder theilweise Taf. I, Fig. 63, 64 Ricinus) resorbirt, während im Innern des Keimsäckchens sich ein neues Zellgewebe entwickelt, das, im Gegensatze zu vorigem „Endosperm“ genannt wird. Dies Zellgewebe wird in nicht sehr häufigen Fällen zum Magazin der Reservestoffe, wo dann die ersten Blätter des Keims sich nicht aussergewöhnlich vergrössern und verdicken [Nadelhölzer, Eschen, Linden etc. (Ricinus Taf. I, Fig. 74)], oder es wird ebenfalls schon vor der Samenreife resorbirt und dient zur Ernährung des Embryo, dessen erste Blätter sich in diesem Falle meist aussergewöhnlich verdicken und dann „Samenlappen“ im engeren Sinne genannt werden z. B. Prunus, Aesculus, Cucurbita, Lupinus (Taf. I, Fig. 8, 9). In diesem Falle zeigt sich das Endosperm dem blossen Auge meist als eine glashelle, gallertähnliche Masse, die mit zunehmender Reife des Samenkorns verschwindet. *)

*) Samenweiss, Albumen, nennt man die, ausser dem Embryo aufgespeicherten, Reservestoffe des Samenkorns, gleichviel ob dieselben im Zellgewebe des Endosperm oder des Perisperm abgelagert sind, gleichviel ob sie in Stärkemehl oder Klebermehl, in Oel oder in Zellwandung bestehen.

Die ersten Endospermzellen entstehen aus den Zellkernen der Brutbeutel im Ptychoderaume des Keimsäckchens, sie vermehren sich durch Abschnürung der entstandenen, ersten Zellenlagen zu Tochterzellen, entweder vom ganzen Umfange des Keimsäckchens, radial nach dessen Mittelpunkt hin sich vergrössernd (Tilia, Ricinus Taf. I, Fig. 70, 73, 74), oder, von der Spitze des Keimsäckchens aus, einseitig in den Innenraum desselben hineinwachsend, von letzterem jedoch stets durch die innere Schlauchhaut geschieden (Lupinus Taf. I, Fig. 7—9).

Taf. I, Fig. 42—49 zeigt die Entstehung der ersten Endospermzellen im Keimsäckchen von Lupinus luteus, aus dem Zellkerne.

Der Zellkern Fig. 42 enthält ein zum Kranzkörper ausgebildetes Kernkörperchen, dessen Globe in Fig. 43 sich zerstreut haben. Der centrale Globus hat sich in Fig. 44 bedeutend vergrössert, ohne bereits die Form eines ausgeprägten neuen Zellkerns (wie in Fig. 45) erhalten zu haben; die zerstreuten, peripherischen Globe haben sich in Makrophysalide verwandelt, zwischen denen die noch farbenspeichernde, aber deutlich gekörnelte Kernstoffmasse des ursprünglichen Zellkerns vertheilt ist.

In Fig. 45 ist der centrale Globus zu einem Zellkern geringer Grösse herangewachsen; der ursprüngliche Kernstoff, zu Mikrophysaliden umgebildet, hat seine Eigenschaft der Farbenspeicherung verloren und bleibt daher auch in Karminwasser farblos, während der neue Zellkern sich färbt; die Makrophysalide haben sich vergrössert, drängen sich gegenseitig und verdrängen die Mikrophysalide nach Zellkern und Hüllhaut hin.

Fig. 55, aus Phaseolus, würde als Zwischenstufe zwischen 44 und 45 zu setzen sein. Die Makrophysalide liegen noch vereinzelt zwischen den Mikrophysaliden. In diesem Falle erkannte ich nicht allein deutlich die Bläschennatur der letzteren, sondern es zeigte sich auch die Haut der Makrophysalide in ziemlich regelmässigen Abständen besetzt mit kleinen, dunkleren, ich glaube grünlichen Körnchen, woraus man auf Doppelhäutigkeit schliessen möchte.

Fig. 46 hat der neue Zellkern sich bedeutend vergrössert und das Kernkörperchen zum Kranzkörperchen ausgebildet. Resorption und Verwachsung der nicht resorbirten Makrophysalidehäute haben einen äussersten Ptychodeschlauch, einen Zellkernbeutel und Intracellularkanäle gebildet.

Fig. 47 hat der centrale Zellkern sich noch mehr vergrössert; aus den peripherischen, zerstreuten Globen sind bereits neue Makrophysalide entstanden, zwischen denen einige Globe lagern, die noch nicht umgebildet sind. Der neue Zellkern hat sich also im Wesentlichen zu der Fig. 44 dargestellten Entwickelungsstufe ausgebildet; in allen übrigen Theilen ist eine wesentliche Veränderung gegen Fig. 46 nicht eingetreten.

In Fig. 48 und 49 hat sich das Kernkörperchen zu einem neuen Zellkern ausgebildet; es ist aus den Makrophysaliden und der Hüllhaut des Zellkerns zweiter Generation ein neuer Ptychodeschlauch und Zellkernbeutel, es ist aus dem alten, äussersten Ptychodeschlauche die Zellwandung entstanden, indem der Inhalt des Schlauches zu den Ablagerungsschichten, die beiden Häute zu der äusseren und inneren Grenze der letzteren erwuchsen.

Taf. II, Fig. 27—33 giebt die Entwickelung eines Zellkerns zu drei, von gemeinschaftlicher Cuticula umschlossenen Endospermzellen aus Clematis.

Fig. 27 stellt einen Zellkern aus dem Keimsäckchen von Clematis dar, in welchem, durch Dreitheilung des Kernkörperchens, drei Kranzkörperchen sich gebildet haben. Die Granulirung der Kernstoffmasse ist kaum angedeutet, dagegen zeigt sich hier und da um jedes der Kranzkörperchen ein schmaler, hellerer Hof (Taf. I, Fig. 19, 38, 40, 61), darauf hindeutend: dass schon jetzt die Hüllhaut durch eine schmale Kernstoffschicht von den peripherischen Globen getrennt ist.

In Fig. 28 sind die Kernkörperchen noch unverändert, es beginnt aber an einer Seite des Zellkernrandes die Umbildung der einzelnen Chlorogenkörper des Kernstoffs in Mikrophysalide, erkennbar dadurch, dass letztere die Eigenschaft der Farbenspeicherung verlieren.

Fig. 29 sehen wir die Umwandlung der Chlorogenkörper in Mikrophysalide weiter vorgeschritten, in Fig. 30 sehen wir sie vollendet. Die dadurch frei gewordenen Kernkörperchen haben sich zu jungen Zellkernen umgebildet. Wie diese Umbildung verlaufe, konnte ich bei der geringen Grösse der Objecte nicht ermitteln. Wahrscheinlich bildete sich die Kernstoffmasse auch hier, wie in anderen bereits nachgewiesenen Fällen, aus der Umwandlung der peripherischen Globen des Kernkörperchens zu Kernstoff-Physaliden, während aus dem centralen Globus ein neues Kranzkörperchen erwuchs.

In Fig. 31 sehen wir die drei, noch farbenspeichernden Zellkerne auf der Uebergangsstufe zur Ptychodezelle, entsprechend den Figuren Taf. I, Fig. 44 und den Zellkernen Taf. I, Fig. 46, Taf. II, Fig. 19. Während der centrale Globus zum neuen Zellkern herangewachsen ist, während die peripherischen Globen zu Makrophysaliden sich vergrössert haben, zwischen denen die, aus dem Kernstoff gebildeten Makrophysalide lagern, bildet die Hüllhaut der Zellkerne, als Ptychoide, die äusserste Begrenzung auch dieser veränderten Zellkerntheile. Im Umfange der drei Ptychodezellen, die sich durch Wachsthum im beengten Raume jetzt schon gegenseitig pressen, obgleich sie von bedeutenden Mengen der Mikrophysalide erster Generation noch umgeben sind, hat sich die Hüllhaut des ursprünglichen Zellkerns als Cuticula lebendig erhalten.

Fig. 32 und 33 sind weitere Entwickelungsstufen der Ptychodezelle zur Wandungszelle. Die Mikrophysalide erster Generation sind vollständig resorbirt, die Hüllhaut des ursprünglichen Zellkerns hingegen bekleidet die vergrösserten Zellen als eine, ihnen dicht anliegende Cuticula, die bei gesonderter Fortbildung einen bleibenden Ueberzug der gesammten Nachkommenschaft bildet, wie ich bereits für die Entwickelung der Brutbeutel des Keimsäckchens nachgewiesen habe, die hingegen da, wo die auf diesem Wege entstandenen Zellencomplexe mit anderen, benachbarten Zellencomplexen zu geschlossenem Zellgewebe sich vereinen, wie die Wandungen der Mutterzellen gleichfalls endlich resorbirt werden.

Was die drei gebildeten Zellen selbst betrifft, so sehen wir sie in Fig. 32 noch als nackte Ptychodezellen, d. h. die, durch Resorption und theilweise Verwachsung der Makrophysalidehäute mit der Hüllhaut der jungen Zellkerne gebildeten, Ptychodeschläuche berühren sich noch unmittelbar und haben sich noch nicht zur Zellwandung ausgebildet. Das ist auch in Fig. 33 noch nicht der Fall, wohl aber hat hier der Ptychodeschlauch sich schon gefestigt, indem seine Mikrophysalide (durch veränderte Lichtbrechung erkennbar) mehr Körper bekommen haben als dies früher der Fall war, in ihren Umrissen schärfer als bisher hervortreten und dadurch die zarten Linien einschliessender Schlauchhäute der Beobachtung entziehen. In der That entwickelt sich der Ptychodeschlauch in diesem Falle nicht zur fertigen Zellwand, denn ehe dies geschieht, ehe noch ein neuer Ptychodeschlauch an die Stelle des alten treten kann, ist durch Kernkörperchentheilung bereits eine Zellkernmehrung ins Leben getreten (Fig. 33), aus denen Tochterzellen hervorgehen, zwischen deren Wänden die unausgebildete Zellwand der Mutterzellen sich wieder auflöst.

Die Eigenschaft der Farbenaufspeicherung beschränkt sich nicht auf den Kernstoff des Zellkerns und das Kernkörperchens, sondern gehört auch dem Klebermehle, dem Träger des stickstoffhaltigen Eiweisses, Käsestoffs, Legumins etc. der Pflanzen. Da nun Zellkern und Klebermehl ein gleiches Verhalten auch zu salpetersaurem Quecksilberoxyd und zu Jodlösung zeigen, so darf man daraus schliessen, dass die Eigenschaft der Farbenaufspeicherung ein Beweis stickstoffhaltiger Bestandtheile auch des Zellkerns sei.

Bei der Entwickelung der Physalide aus dem Zellkern verschwindet nun die Eigenschaft der Farbenspeicherung in vielen Fällen sofort. In der eben dargelegten Entwickelungsfolge des Zellkerns der Clematideen zu Endospermzellen tritt dies recht überzeugend hervor. Auch Taf. I, Fig. 15, 16, 55, 59, 64, 65 dienen als Belag, und nur in vereinzelten Fällen dauert die Stoffspeicherung noch einige Zeit über die Ablösung der Physalide vom Zellkern hinaus. So z. B. in der Entwickelungsfolge Taf. I, Fig. 42—49, die Zustände Fig. 44 und 47. Auch der farblose Träger des Chlorophyll behält noch einige Zeit nach der Ausscheidung vom Zellkern in einzelnen Fällen jene Eigenschaft*). Die Frage: was aus dem stickstoffhaltigen Bestandtheile des Zellkerns werde, wenn das Chlorogenkorn desselben zu Physaliden sich umbildet, führt uns zu der Annahme: dass er, bei diesem Vorgange verflüssigt, in einer optisch nicht nachweisbaren, veränderten Zusammensetzung dem Ptychodesafte zurückgegeben werde, vielleicht zu erneuter Aufnahme durch den heranwachsenden neuen Zellkern, wie durch die, im Ptychoderaume zu Klebermehl sich entwickelnden Mikrophysalide.

Taf. II, Fig. 1—26 gehörte zur Endospermbildung des Kürbis, ausgezeichnet ebenso durch die gigantische Grösse und Durchsichtigkeit aller Theile, als durch die Leichtigkeit, mit welcher sich die Präparate herstellen lassen. Zur Zeit, wenn die Frucht ungefähr 4/5 der endlichen Grösse erreicht hat, schneide man den Rand des Samenkorns so weit fort, dass sich die beiden Hälften desselben auseinander nehmen lassen.

*) Selbst ganz junge Ablagerungsschichten werden intens roth gefärbt, wenn sie längere Zeit in Karminlösung liegen (Taf. II, Fig. 20, 21). Allein diese sehr langsame Aufsaugung ist nicht zu vergleichen mit der raschen Färbung des Zellkerns und des Klebermehls.

Man findet dann den Embryosack in der Fig. 3 dargestellten Form unfern der Spitze des Samenkorns, kann ihn mittelst der Pincette leicht unverletzt abheben und, nachdem er ein oder zwei Tage in Karminlösung gelegen hat, der Untersuchung unterwerfen und Monate lang unverändert in Glycer unter Deckglas aufbewahren. Durch die tief rothe Färbung, welche allein der Zellkern erhält, treten dessen verschiedene Entwickelungszustände mit einer solchen Schärfe hervor, als diese ohne Färbungsmittel nie zu erlangen ist.

Ueber die in den Figuren 1—3 dargestellten Entwickelungszustände des Keimsäckchens habe ich bereits im §. 49 gesprochen. Der ursprünglich schlauchförmige Embryosack (Fig. 2) füllt sich, zuerst an seinem, der Keimöffnung zugewendeten Ende, in der Umgebung des gleichzeitig auftretenden Embryo mit Endospermzellen, die dort entstehen, unmittelbar aus den Zellkernen, in derselben Weise, wie ich dies im §. 54 für Lupinus dargestellt und durch die Figuren 42—49 erläutert habe. Die fertige Endospermzelle Taf. I, Fig. 49 stimmt in allem Wesentlichen überein mit der fertigen Endospermzelle aus Cucurbita Taf. II, Fig. 19 und 23; dort wie hier sehen wir der ersten Zellwandung den Ptychodeschlauch anliegen und letzteren mit dem Zellkernbeutel durch Intracellularkanäle verbunden. Ein Unterschied giebt sich nur im complicirteren Baue des Zellkerns zu erkennen, dessen, in Taf. II, Fig. 4—13 dargestellte Entwickelung aus dem Kernkörperchen wir bereits im §. 10 kennen lernten.

Die ersten Endospermzellen im Embryosacke des Kürbissamens erreichen mitunter die riesige Grösse von ¼ Linie im schmalen Durchmesser; das Keimsäckchen füllt sich mit ihnen von oben nach unten fortschreitend immer mehr an, indem am unteren Ende der bereits gebildeten Zellen stets neue Zellen aus den Brutbeutel-Zellkernen entstehen und sich den vorgebildeten anschliessen, bis ungefähr die Hälfte des Embryosackes von ihnen erfüllt und durch sie eiförmig angeschwollen ist. In der unteren Hälfte des Sackes bildet sich kein Endosperm, es bleibt dieselbe schlauchförmig, wie dies Fig. 3* darstellt, und die in ihr gelagerten Zellkerne werden mit der Zeit, unter eigenthümlichen Formwandlungen ihres Inhaltes, vollständig resorbirt. In dem Fig. 3 dargestellten Entwickelungszustande ist der trichterförmig sich erweiternde Theil des Schlauches diejenige Stelle, woselbst die Zellkerne der Brutbeutel in die grossen Endospermzellen sich umwandeln.

Die aus den Zellkernen des Keimsäckchens entstandenen grossen Endospermzellen verändern sich nun dadurch, dass sich in ihrem Innern Tochterzellen bilden und zwar auf zweifach verschiedenem Wege: anfänglich vorherrschend durch mehrarmige Einstülpungen der inneren Schlauchhaut (24), deren jede sich später zu einer Tochterzelle abschnürt und ausbildet (25, 26); später vorherrschend durch Selbsttheilung des Ptychodeschlauches (14—18, 59—62, 20—22). Daher rührt es, wenn in dem, Fig. 3 dargestellten Entwickelungszustande die Endospermzellen nach dem Embryo hin immer kleiner werden, nicht weil ursprünglich kleinere Zellen gebildet wurden. Es findet hier der seltene Fall statt: dass die Tochterzellen nicht zur Grösse der Mutterzelle heranwachsen, sondern, mit fortschreitender Theilung innerhalb der in Grösse unveränderten Mutterzelle, bleibend kleiner werden, so dass man die ganze Nachkommenschaft innerhalb der ursprünglichen Mutterzelle eingeschachtelt sieht.

§. 58. Die Tochterzellenbildung durch mehrarmige Einstülpung der inneren Schlauchhaut zeigen die Figuren 24—26.

Fig. 24 zeigt uns den Ptychodeschlauch einer Endospermzelle, erfüllt mit grossen Mikrophysalidemengen und einem Zellkerne, dessen Kernkörperchen sich vervielfältigt hat. Der Ptychodeschlauch zeigt eine, in den Innenraum der Zelle erweiterte Aussackung, die sich dort in vier schlauchförmige Aeste vertheilt.

Fig. 25 ist eine weitere Entwickelungsstufe dieser Zelle. Der Zellkern hat sich durch Selbsttheilung (Fig. 25*) vervielfältigt und in die verschiedenen Arme des Ptychodeschlauchs vertheilt, deren jeder sich so bedeutend erweitert zeigt, dass alle zusammengenommen den Innenraum der Zelle bis auf geringe Zwischenräume ausfüllen. Eine Abschnürung zu Tochterzellen ist noch nicht eingetreten, alle diese Schläuche bilden noch, wie in Fig. 24, einen einzigen, zusammenhängenden Ptychoderaum, dessen Zellkerne, theils durch Monophysalidebildung (a b), theils durch Makrophysalide (c), zur Zellbildung und Zellmehrung fortschreiten.

In Fig. 26 haben sich die Ptychodearme abgeschnürt und zu selbstständigen Wandungszellen entwickelt, deren oft sehr eigenthümliche, mehr oder weniger in der Mitte verengte Form, eine nicht vollendete Abschnürung andeutend, die Art ihrer Entstehung aus Fig. 24, 25 noch erkennen lässt. Besonders in der zweiten Zellschicht des Endosperm, in dem Taf. II, Fig. 3 dargestellten Entwickelungszustande und später, wird man diese drei Zustände oft in unmittelbar nebeneinander liegenden Mutterzellen wiederfinden. Den Fig. 24 gezeichneten

Zustand erkennt man deutlicher, wenn die unverletzten Keimsäckchen 12—24 Stunden in Aetzammoniak gelegen haben.

Die Tochterzellen a b c Fig. 26 haben erneute Erweiterungen ihres Ptychoderaums in den Innenraum der Zellen erlitten, a und c einfache, b eine zweifache Einstülpung. Wie in Fig. 25 hat der in diese Einsackungen eingegangene Zellkern sich theils durch Monophysalidenbildung (c), theils durch Makrophysalide zu einer neuen Ptychodezelle ausgebildet, d steht in der Zellkernverjüngung wie Fig. 19, e hat einen Monophysalidenschlauch gebildet, während f der Abbildung Fig. 15 entspricht.

So findet man hier in ein und derselben, scharf umschriebenen Mutterzelle oft Tochter-, Enkel- und Urenkelzellen gebildet, ohne dass die Mutterzelle in Grösse gegen ihre weniger vervielfältigten Nachbarzellen wesentlich zugenommen hat. Das ist dann auch die Ursache, weshalb man hier die verschiedenen Generationen so scharf unterscheiden kann, während in den allermeisten Fällen die Tochterzellen rasch zur Grösse der Mutterzellen heranwachsen, in Folge dessen die Wandung der Mutterzelle bald zu einem zarten Häutchen ausgedehnt, endlich resorbirt wird.

§. 59. Die Tochterzellenbildung durch selbstständige Abschnürung des ganzen vorgebildeten Ptychodeschlauches erläutern die Figuren Taf. II, Fig. 14—22, ebenfalls aus dem Endosperm des Kürbissamens.

Fig. 14—16 zeigen die nackte Ptychodezelle vor Beginn der Theilung, mit einem in Fig. 14 wandständigen, in Fig. 15, 16 centralen Zellkerne. Die lichten Räume im Innern dieser Zellen denke man sich als grosse, aber unendlich zarthäutige Saftbläschen (Makrophysalide), die untereinander noch nicht verwachsen sind, sondern lose nebeneinander liegen. Zwischen ihnen, so wie zwischen ihnen und der Ptychoide, sehen wir den Ptychodesaft erfüllt mit einer unzählbaren Menge kleiner Saftbläschen (Mikrophysalide). Zurückgeführt auf den Zellkern, ist der jetzige Zellkern entstanden aus dem Kernkörperchen, Makro- und Mikrophysalide sind entstanden aus dem Kernstoffe, die Ptychoide ist die Hüllhaut des ursprünglichen Zellkerns.

So lange die Makrophysalide innerhalb der Ptychoide lose nebeneinander liegen, wird eine veränderte Anhäufung des Ptychodesafts, ein Vordrängen desselben von einer Stelle aus und eine Anhäufung desselben an einer anderen Stelle, mithin eine strömende Bewegung und Ortsveränderung des Saftes und der darin schwimmenden Mikrophysalide, wie des Zellkerns selbst, sich erklären lassen durch die Annahme: zu verschiedener Zeit ungleicher Expansion der Makrophysalide durch Zellsaft-Aufsaugung (vergl. S. 29).

Ich will damit jedoch keineswegs sagen: dass sich die Bewegung des Ptychodesafts auf diese Art in allen Fällen erklären lasse, ohne Berufung auf Mitwirkung vitaler Kräfte. So lässt sich z. B. die geregelte Bewegung des Ptychodesafts der Charen auf diese Weise nicht erklären, und schon hier müssen wir die Mitwirkung vitaler Kraft anerkennen, wenn wir sehen: dass der Zellkern aus der seitlichen Stellung Fig. 14, stets in die centrale Stellung Fig. 15, 16 gedrängt wird, da ihm in Fig. 14 doch auch andere Wege offen stehen.

Hat der Zellkern die centrale Stellung eingenommen, so theilt sich sein Kernkörperchen und bildet sich zu einem jungen Zellkerne aus (Fig. 16, 20*).

In Fig. 17 sehen wir ohne weitere Veränderung eine, durch Einfaltung der Ptychoide beginnende, unvollendete Abschnürung der Ptychodezelle in zwei gleiche Hälften, deren Abschnürungsfläche zugleich auch den Zellkern trifft, der sich noch nicht völlig getheilt hat, wie dies in Fig. 18 der Fall ist, woselbst die beiden, nun fertigen Tochterzellen, jede wieder einen wandständigen Zellkern wie Fig. 14 besitzen, und, nachdem sie auch in Form und Grösse der Mutterzelle gleich geworden sind, dieselben Veränderungen zu erneuter Theilung in Tochterzellen durchlaufen.

Auf diese Weise, also durch Theilung der vorhandenen Zellen in Tochterzellen und durch Erweiterung jeder Tochterzelle zur Grösse der Mutterzelle, wächst die Pflanze, von der Keimzelle ab bis zu ihrem Lebensende. Der Zellkern spielt hierbei eine passive Rolle, während die Fälle, in denen er activ auftritt, den Brutbeuteln des Keimsäckchens und nur in beschränktem Maasse, gewissermaassen einleitend, auch dem Endosperm und den Vorkeimen angehören.

Dem Vorstehenden gemäss wäre der Ptychodeschlauch einem doppelhäutigen Ballon zu vergleichen, der durch ein, um seine Zone gelegtes Band successiv zusammengezogen und endlich in zwei Hälften völlig abgeschnürt wird. Es fehlt uns aber, für die Aehnlichkeit der Fälle, in der Zelle sowohl das Band wie die Zugkraft, und es bliebe uns nichts übrig, als die Ptychoide selbst, in Folge ihrer Contractilität (§. 25), in Bezug hierauf als actives

Organ zu betrachten, denn die herrschende Annahme: dass es eine Einfaltung bereits fertiger Ablagerungsschichten der Zellwand sei, durch welche der Ptychodeschlauch abgeschnürt werde, halte ich für entschieden unzulässig und aus Beobachtungsfehlern hervorgegangen (vergl. Bot. Zeit. 1855, S. 409, Taf. IV, Fig. 3).

Nun kann man allerdings hinweisen auf einen ähnlichen Abschnürungsvorgang bei Vermehrung der niedrigsten Organismen beider Reiche, z. B. der Gährungspilze und der Monaden. Allein es scheint mir doch, als wenn auch in diesen und ähnlichen Fällen die Aussenhaut mehr einer Umgestaltung der inneren Theile folge als dass sie selbstthätige Ursache der Abschnürung sei.

Ohne Zweifel ist diese Selbsttheilung des Ptychodeschlauches ein zur Zeit noch sehr räthselhafter, wenig aufgeklärter Moment in der Entwickelungsgeschichte der Pflanzenzelle, besonders durch den Umstand, dass bei der Abschnürung der Zusammenhang zwischen den beiden Tochterschläuchen durch Tipfelkanäle nie gänzlich aufgehoben zu sein scheint (Taf. II, Fig. 20).

Taf. II, Fig. 20 ist die nächste Entwickelungsstufe von Fig. 17, die Figuren 21 und 22 folgen in der Entwickelungsreihe auf Fig. 18; es ist aber in Fig. 20—22 die Zellwandung der Mutterzelle mitgezeichnet, um die Anheftung des Ptychodeschlauches an dieselbe darzustellen. Fig. 20 sehen wir die Abschnürung des Ptychodeschlauches schon bis über ²/₃ der Abschnürungsfläche vorgeschritten und die roth gefärbten Wandungstheile (meiner Deutung nach ein jüngerer Ablagerungsschichten-Complex, aus dem späterhin die in Fig. 22 gezeichneten Querscheidewände sich ausbilden) in die Abschnürungsfläche hinein sich erstrecken. Durch geringe Contraction sind die beiden, noch unvollständig getrennten Tochterschläuche etwas auseinander getreten und an den Verwachsungsstellen in Verbindungsfäden ausgezogen, die meines Erachtens nichts anderes sein können als die häutige Auskleidung der künftigen Tipfelkanäle, wie sie Fig. 22 in einem späteren Zustande darstellt. Die ursprüngliche Continuität der Tipfelkanäle lässt sich nicht wohl zusammenbringen mit einer, durch Einfaltung der Ptychoide oder gar der jüngsten Ablagerungsschichten fortschreitenden Abschnürung und wir werden zur Annahme gezwungen: dass jeder Flächentheil der trennenden Scheidewand an Ort und Stelle gebildet werde, in einer Weise allerdings, die sich hartnäckig unserer Beobachtung entzieht, die aber vielleicht in der Art vor sich geht, dass eine, in der künftigen Abschnürungsfläche lagernde Physalidenschicht ähnlichen Verwachsungs- und Resorbtionsvorgängen unterworfen ist, wie die Makrophysalide zur Bildung des Ptychodeschlauches, des Zellkernbeutels und der Intracellularkanäle. Andeutungen, dass dies der Fall sei, fehlen nicht, einstweilen müssen wir aber die Abschnürungstheorie noch festhalten, bis sichere Beläge einer ihr entgegenstehenden Ansicht aufgefunden sein werden.

§. 60. Nicht alle Endospermzellen des Keimsäckchens erleiden die vorstehend beschriebene Tochterzellenbildung, sondern nur die Randzellen, während die Innenzellen im ungetheilten Zustande verharren, bis zu ihrer endlichen Resorbtion durch die Samenlappen des Keims. Diese inneren Endospermzellen sind es, besonders die, welche unmittelbar unter dem Keime liegen, in welchen der Zellkern ungewöhnliche Grösse und die, in den Figuren 9—13 dargestellten Bildungsverschiedenheiten zeigt. Taf. II, Fig. 19 und 23 sind zwei dieser ungetheilt bleibenden Endospermzellen, die eine Grösse von mitunter ¹/₄‴ im schmalen Durchmesser erreichen, während ihr Zellkern, wenn man alles dazu rechnet was Farben speichert (Fig. 10—13), die Grösse bis ¹/₁₅‴ erlangt. Die beiden Wandungszellen Fig. 19 und 23 unterscheiden sich darin: dass in Fig. 19 der centrale Zellkern ein ungetheilter ist, während in Fig. 23 eine Zweitheilung innerhalb der ungetheilten Hüllhaut des Zellkerns, mithin eine den Figuren Taf. I, Fig. 36—39 entsprechende Zellkernmehrung durch Kernkörperchenabschnürung stattgefunden hat.

In beiden Fällen liegt der Zellkern, hier der einfache, dort der Doppelkern, in einem zarthäutigen, durch radiale Kanäle mit dem Ptychodeschlauche der Zellwandung in Verbindung stehenden Zellkernbeutel, dessen Raum, ausser dem Zellkerne, eine grosse Menge kleiner, farbloser Mikrophysalide enthält, die sich aus ihm durch die radialen Ptychodekanäle auch in den Raum des, der Zellwandung dicht anliegenden, hier aber von ihr durch Contraction etwas entfernten Ptychodeschlauches verbreiten.

In beiden Fällen sehen wir den Ptychodeschlauch mit der, Fig. 19 und 23 durch die beiden äussersten Linien bezeichneten, Zellwandung durch Ptychodekanäle verbunden, ähnlich den Kanälen, welche den Ptychodeschlauch mit dem Zellkernbeutel verbinden. Die kurzen Kanäle zwischen Ptychodeschlauch und Zellwand sind aber im gesunden Zustande der Zelle nicht vorhanden, sondern durch die gewaltsame Zusammenziehung des Ptychodeschlauches entstanden.

Wir unterscheiden daher in Fig. 19 von aussen nach innen die Zellwand, den Ptychodeschlauch, den Innenraum der Zelle, den centralen Zellkernbeutel und den Zellkern. Die Genesis dieser Zellentheile ist dieselbe wie wir sie aus der Entwickelungsreihe Taf. II, Fig. 43—49 kennen lernten. Die Zellwand ist entstanden aus der Hüllhaut des ursprünglichen Zellkerns (Ptychoide), aus den verwachsenen Häuten der Makrophysalide erster Generation (Ptychode) und aus den Mikrophysaliden erster Generation (Astatheband). Der Ptychodeschlauch ist entstanden aus der Hüllhaut des Zellkerns zweiter Generation (Ptychoide), aus den verwachsenen Häuten der Makrophysalide zweiter Generation (Ptychode); er enthält die Makrophysalide zweiter Generation noch unverändert im Ptychodesafte. Der Innenraum der Zelle ist entstanden aus der Verschmelzung aller Makrophysalideräume durch Resorbtion aller sich unmittelbar berührenden Makrophysalidehäute, deren, dem Zellkern zugewendete, freie Seiten zum Zellkernbeutel, deren die Intracellularräume begrenzenden Häute zu den Ptychodekanälen verwachsen sind. Die Mikrophysalide des Zellkernbeutels, der Ptychodekanäle und des Ptychodeschlauches sind gleichwerthig und gleichzeitiger Bildung, entstanden aus dem Kernstoff des Zellkerns zweiter Generation.

Den Zellkern dritter Generation sehen wir in Taf. II, Fig. 19 nicht so einfach gebildet wie in Taf. I, Fig. 49, wohl aber findet sich grosse Aehnlichkeit mit dem, in der Entwickelung zu einem neuen Ptychodeschlauch stehenden Zellkern Taf. II, Fig. 47, und es steht wohl nichts der Annahme entgegen, dass wir hier den Zellkern dritter Generation auf einer Uebergangsstufe zu einem Ptychodeschlauche dritter Generation, das wir das centrale Kernkörperchen dritter Generation in der Umbildung zu einem Zellkerne vierter Generation vor uns haben. In der That zeigt stärkere Vergrösserung dies Kernkörperchen genau in der Bildung der Zellkerne Taf. II, Fig. 11 und 12. Da nun in letzteren ein centrales Kernkörperchen sehr bestimmt zu erkennen ist, so würden wir in diesem ein Kernkörperchen vierter Generation und eine, wahrscheinlich bis zur molekularen Grösse hinabreichende Einschachtelung vor uns haben, die es uns selbst in den günstigsten Fällen unmöglich macht, Bestand und Form des jüngsten organischen Körpers zu erkennen. Hier ist die Grenze unserer heutigen Beobachtungsfähigkeit und alle jenseit derselben liegenden Hypothesen gehören nicht in das Gebiet der Forschung, sondern in das der Speculation.

F. Resorbtion.

§. 61. In dem Maasse als das Keimsäckchen heranwächst, sehen wir das demselben anliegende Zellgewebe der Kernwarze, wie dessen Inhalt sich allmählig auflösen. Es ist kaum zu bezweifeln, dass die dadurch verflüssigte Substanz vom Keimsäckchen aufgesogen und zur eigenen Ausbildung verwendet werde. Wir haben etwas ganz Aehnliches in dem Verhalten der Keimpflanze des Nadelholzes, der Esche, der Linde, des Ricinus etc. Das schlauchförmige Endosperm wird hier von dem keimenden Pflänzchen, als kappenförmige Hülle seiner ersten Blätter, über das Keimbett hinausgehoben, und trägt in den ersten Tagen der Keimung noch seinen vollen Gehalt an Mehl und anderen Reservestoffen. Obgleich zwischen ihm und den von ihm eingehüllten, ersten Blattausscheidungen der keimenden Pflanze keine Art von organischer Verbindung stattfindet, die Blätter nur mützenartig vom Endosperm bedeckt sind, wird dennoch das Mehl des letzteren allmählig aufgelöst und von den Blättern aufgesogen, so dass, zur Zeit wenn die Samenhüllen abgeworfen werden, das Zellgewebe des Endosperm völlig ausgesogen ist.

Dieser merkwürdige Vorgang, in welchem die junge Pflanze über ihre eigenen Grenzen hinaus thätig ist, in unzweifelhafter Wechselwirkung mit ihrer Umgebung, beweist unwiderleglich die Möglichkeit einer Ernährung der Pflanzenzellen aus Auflösungen anderer, vorgebildeter Pflanzentheile.

Die zuerst das Zellgewebe der Kernwarze treffende Resorbtion wiederholt sich in Bezug auf einen Theil der Brutbeutel des Ptychoderaums, deren Auflösung vom Endosperm aufgesogen wird, sobald dies bis zur Ausfüllung des Innenraums herangewachsen ist. Ich habe bereits im §. 49 gezeigt, dass diese Resorbtion in manchen Fällen alle Zellkerne des Keimsäckchens bis auf den embryonalen Zellkern trifft (Tropaeolum Taf. I, Fig. 66), während in anderen Fällen, die im oberen Theile des Keimsäckchens lagernden Zellkerne zu Endosperm sich umbilden, die unteren Zellkerne resorbirt werden (Lupinus Taf. I, Fig. 6—9), in noch anderen Fällen die Zellkerne im ganzen Umfange des Keimsäckchens zu Endospermzellen sich ausbilden (Ricinus Taf. I, Fig. 71—74).

Nicht immer ist es ein Endosperm, welches die durch Resorbtion entstandene Zellkernlösung in sich aufnimmt. Wo ersteres, wie bei Tropaeolum, fehlt, da nimmt der Embryo jene Stoffe unmittelbar auf.

Die Resorbtion wiederholt sich auch in Bezug auf das Endosperm, z. B. bei den Leguminosen, Amygdaleen, Juglandineen, Cucurbitaceen, bei denen es, ein vorübergehendes Gebilde, vom Embryo schon vor der Samenreife aufgesogen wird. Bei den Nadelhölzern, Eschen, Linden etc. tritt eine Resorbtion des Endosperm zwar auch ein, verzögert sich aber bis zum Keimungsprocesse.

Was die erkennbaren Veränderungen der Zellkerne des Keimsäckchens und des Endosperm betrifft, so sieht man, als Vorläufer der endlichen Auflösung (Aussaugung der Hüllhaut), nicht selten eine eigenthümliche Veränderung in der Struktur des Kernstoffs, verbunden mit Formänderungen des Zellkerns selbst. Die Kernstoffmasse lässt zuerst die einzelnen, körnigen Zusammensetzungstheile deutlicher hervortreten, die darauf zu spindelförmigen, endlich langgedehnten, cylindrischen, untereinander labyrinthisch verschlungenen Fadenkörpern sich ausbilden (Taf. I, Fig. 76). Später löst sich die Hüllhaut des, in Grösse und Form noch unveränderten Zellkerns auf und die spindel- oder stabförmigen Körperchen vertheilen sich in der Zelle, oder es wächst der Zellkern selbst zu einem verlängerten Schlauche aus, dicht erfüllt mit jenen spindelförmigen Gebilden.

G. Bildung der Vorkeime und des Keims.

§. 62. Wir haben bis daher gesehen, wie das Keimsäckchen entstehe, wie sich im Ptychoderaume desselben eine mehr oder weniger grosse Zahl von Zellkernen entwickelt, vertheilt in schlauchförmige, verästelte Brutbeutel; ich habe ferner gezeigt: wie die Zellkerne der Brutbeutel entweder sämmtlich zu Zellen sich umwandeln und, der Mehrzahl nach, das Endosperm bilden, oder theilweise vom heranwachsenden Endosperm oder vom Embryo resorbirt werden.

In der Spitze des Embryosackes ist es ein Zellkern, oder es sind deren mehrere, die sich nicht zu Endospermzellen, sondern, individualisirt durch den Act der Befruchtung, zum Keim einer neuen, selbstständigen Pflanze, zum Embryo ausbilden.

Dieser embryonale Zellkern lässt sich als solcher bei einigen Pflanzen schon vor eintretender Befruchtung erkennen.

Das Keimsäckchen von Lupinus luteus ist schon lange vor der Befruchtung vorhanden und enthält ursprünglich nur farbenspeichernde Zellkerne (Taf. I, Fig. 4, 19, 20). Untersucht man dasselbe kurz vor eintretender Bestäubung, so sieht man in jedem der schlauchförmigen Brutbeutel einen oder einige, in Form und Grösse von den übrigen nicht verschiedene Zellkerne dadurch ausgezeichnet, dass sie an der Stelle des Kernstoffs Chlorophyll-Physalide enthalten und in Karminwasser nicht gefärbt werden. Taf. I, Fig. 10 zeigt das zu dieser Zeit isolirte Keimsäckchen mit den darin liegenden Brutbeuteln.

Diese grün gefärbten Zellkerne sind es, die sich zu Vorkeimen in zweifach verschiedener Weise entwickeln.

In einigen derselben ist der Zellkern gänzlich umgebildet und zwar durch Entwickelung von Monophysaliden und Mikrophysaliden, wie dies die Entwickelungsfolge Taf. I, Fig. 18, 17, 16, 15, 14, 13 in strenger Zeichnung darstellt.

Der Zellkern Fig. 18 entwickelt zuerst einen Monophysalid, der die Hüllhaut abdrängt, worauf, von den freien Rändern der Kernstoffmasse aus, Mikrophysalide in den gebildeten Ptychoderaum (zwischen Hüllhaut des Zellkerns und Monophysalidenhaut) eingehen, die schon bei der Ablösung von dem, wie ausgebissen erscheinenden, Kernstoffrande grün gefärbt sind. Nach und nach löst sich die ganze Kernstoffmasse und selbst das Kernkörperchen in Chlorophyll-Mikrophysalide auf, denn in Fig. 14 sind alle Spuren einer, durch Karminwasser sich färbenden Substanz verschwunden, der Monophysalid bildet den Innenraum, die zu einem Schlauche ausgewachsene Hüllhaut des ursprünglichen Zellkerns bildet die Aussenhaut dieser zellkernlosen Ptychodezelle.

Fig. 13 zeigt einen einzelnen Brutbeutel, in welchem, ausnahmsweise, alle Zellkerne sich auf diesem Wege zu nackten, schlauchförmigen Ptychodezellen umgebildet haben, während der Brutbeutel Fig. 11 neben ihnen noch mehrere Zellkerne und freie Chlorogenkörper enthält.

Wie alle übrigen Vorkeime entstehen auch diese nur in der schnabelförmigen Spitze des Keimsäckchens. Von dort aus wachsen sie aber, ähnlich grünen, verästelten Gliederalgen, in den oberen Theil des Ptychoderaumes hinein und verbreiten sich in ihm kappenförmig, wie dies Fig. 7 andeutet. In diesem ausgebildeten Zustande enthält jedes einzelne Glied wieder einen normalen, farbenspeichernden Zellkern und man wird wohl annehmen dürfen: dass sich in den früheren, zellkernlosen Zuständen vielleicht nur der centrale Globus des ursprünglichen Zellkerns erhalten habe und meiner Beobachtung unter der grossen Zahl von Chlorophyllbläschen entgangen sei.

Andere Zellkerne erleiden eine, von der vorhergehend beschriebenen sehr abweichende Verwandlung.

Im Zellkerne Fig. 19, dessen Kernstoffmasse leicht granulirt erscheint, hat sich um das Kernkörperchen ein lichter Saum gebildet. Es ist das die Kernstoffmasse des jungen Zellkerns, der in Fig. 20 schon deutlicher hervortritt, indem, mit dem Beginne der Mikrophysalidenbildung, die Farbenspeicherung der Kernstoffmasse eine geringere geworden ist als die des jungen Zellkerns.

In Fig. 21 ist der junge Zellkern von Makrophysaliden umlagert, zwischen denen die jetzt grün gefärbten Mikrophysalide vertheilt sind. In Fig. 22 sind die Makrophysalide grösser geworden und haben die grünen Mikrophysalide theils nach dem Zellkern, theils nach der Hüllhaut hin gedrängt. In diesem Zustande erfolgt die theilweise Resorbtion, theilweise Verwachsung der Makrophysalidehäute zu Ptychode, Zellkernbeutel und Intracellularkanälen (vergl. Seite 13), und durch diese die Bildung des ersten, noch nackten Ptychodeschlauches.

In Fig. 23 hat der, im Zellkernbeutel eingeschlossene Zellkern einen Monophysalid gebildet, welcher mit der erweiterten Hüllhaut des Zellkerns einen neuen Ptychodeschlauch constituirt, in welchem, ausser den Resten des Zellkerns, grün gefärbte Mikrophysalide lagern, ohne Zweifel aus Ersterem in derselben Weise entstanden, wie dies die Entwickelungsfolge Taf. I, Fig. 18—15 zeigt.

In Fig. 24 ist der Ptychodeschlauch erster Generation zur Zellwandung umgebildet, während der Ptychodeschlauch zweiter Generation, mit seinem wandständigen Zellkerne und seinen grünen Mikrophysaliden, hier etwas contrahirt gezeichnet, der Zellwand innig anliegt (vergl. Seite 14).

In Fig. 25 ist insofern eine Veränderung gegen Fig. 24 eingetreten, als der wandständige Zellkern sich in viele kleinere Zellkerne zertheilt hat, von denen jeder einen Monophysalid in den Innenraum der Zelle aussendet. Diese Monophysalide bilden sich, ebenso wie in Fig. 23, 24, zu Ptychodeschläuchen mit wandständigem Zellkerne und grünen Mikrophysaliden, endlich zur Zellwandung aus, während der wandständige Zellkern einen neuen Ptychodeschlauch bildet, nachdem er die centrale Stellung wieder eingenommen hat.

Auf diese Weise bilden sich die grünen Zellencomplexe aus, die wir in den Figuren 7, 8, 9, 12, innerhalb des Endosperm, in der schnabelförmigen Spitze des Embryosackes oft in grosser Zahl vertheilt finden.

Begünstigt durch die grüne Farbe der Vorkeimzellen in Mitten der farblosen Endospermzellen, lässt sich deren Entwickelung mit der grössten Bestimmtheit bis zur Zeit vor der Befruchtung rückwärts verfolgen. In Ricinus Taf. I, Fig. 72 und in Tropaeolum finden wir Aehnliches. In anderen Fällen zeichnet sich der embryonale Zellkern vor allen übrigen zwar nicht durch grüne Färbung aus, ich finde aber in den Brutbeuteln des Keimsäckchens vieler Pflanzen einzelne Zellkerne, die in nichts Anderem von den übrigen Zellkernen sich unterscheiden, als dass sie in Karminlösung, selbst bei vollständiger Isolirung, gänzlich ungefärbt bleiben. Taf. I, Fig. 27, 28 zeigt dies aus den Brutbeuteln von Phaseolus. Es wäre möglich, dass dies ebenfalls prädestinirte Embryonalkerne sind; ich weiss wenigstens keine andere Deutung dieser ganz aussergewöhnlichen Abweichung im Verhalten übrigens normaler Zellkerne zu Farbstoffen.

Ist aber dem Zellkerne, aus welchem der Vorkeim sich bildet, schon vor der Befruchtung eine bestimmte, von der seiner Nachbarkerne abweichende Entwickelungsrichtung vorgezeichnet, so wird man auch als höchst wahrscheinlich annehmen müssen: dass mit der Fortbildung jenes ursprünglichen Vorkeimzellkerns bis zu derjenigen Entwickelungsstufe, bei der wir oben stehen blieben, die Befruchtung selbst nichts zu schaffen habe, dass, erst von jenem Zustande ab, die weitere Ausbildung des Vorkeims unter der Herrschaft des Befruchtungsvorganges stehe.

Diese weitere Ausbildung des Vorkeims zum fadenförmigen Träger, durch Fig. 26 zu Fig. 12 a b, besteht in einer fortgesetzten Zellenmehrung durch Abschnürung der vorgebildeten Mutterzellen zu Tochterzellen. Inner-

halb der, zur Cuticula expandirten ersten Zellwandung reihen sich die Tochterzellen, wie die Zellen einer Gliederalge auf eine Längenachse und bilden so jenen, Fig. 12 a b in geringerer Vergrösserung dargestellten, fadenförmigen Träger, der bei anderen Pflanzen nicht aus einer, sondern aus mehreren, nebeneinander liegenden Zellenreihen (Taf. I, Fig. 66 Tropaeolum), bei noch anderen aus nur wenigen kleinen Zellen besteht (Taf. I, Fig. 73 Ricinus), so viel ich weiss nie gänzlich fehlt.

Die Endzelle dieses Vorkeims oder Trägers ist es, die sich durch gesteigerte Zellenmehrung zum Embryo ausbildet. Anfänglich ein mehr oder weniger kugeliger, vielzelliger Körper, erhebt sich das Zellgewebe seiner Spitze beiderseits hügelförmig zu den Samenlappen Fig. 12 b, deren weitere Fortbildung Taf. I, Fig. 8, 9 für Lupinus, Fig. 66, 67 für Tropaeolum, Fig. 70 für Tilia versinnlicht.

In den meisten Fällen ist es nur ein Vorkeim, der zum Träger sich fortbildet, bei Lupinus sind aber die Fälle nicht selten, in denen mehrere Träger aus Vorkeimen entstehen; in meiner Arbeit „Leben der Pflanzenzelle" habe ich Taf. I, Fig. 22 einen Fall dargestellt, in welchem sogar viele Vorkeime zu verlängerten Trägern sich ausbildeten, von denen jedoch nur ein einziger zur Keimbildung gelangte. Die Fälle, wo zwei oder drei Embryonen in demselben Samenkorne sich bilden, gehören bei den Leguminosen überhaupt zu den Seltenheiten; häufiger kommen sie bei den Amygdaleen und bei den Amentaceen vor.

Ohne allen Zweifel bildet sich der Embryo aus einer Zelle des Trägers, der Träger aus dem Vorkeime. Wenn nun, wie ich gezeigt habe, die Entstehung des Vorkeims nicht Folge einer Befruchtung ist, so kann diese wohl Bedingung einer Fortbildung des Vorkeims zum Träger, oder auch nur Bedingung der Keimbildung in der Endzelle des Trägers sein, absolut unmöglich ist es hingegen: dass in solchen Fällen der Embryo durch den Pollenschlauch in das Pflanzenei hineingetragen werde.

Die ursprünglichen Ansichten über Befruchtung beruhten nicht auf einer nähern Kenntniss der Geschlechtstheile und des Vorganges der Begattung, sondern auf der Beobachtung getrennt-geschlechtiger Pflanzen, der Pappeln und Weiden, des Hanfs, des Hopfens, der Cypressen, Cycadeen, einiger Palmen und vieler anderen Pflanzen, so wie auf Erkenntniss der Nothwendigkeit eines Zusammenwirkens beider Geschlechter zur Erzeugung fruchtbaren Samens. Analog dem thierischen Organismus nannte man die den Samen bildende Pflanze weiblich, die den Blumenstaub tragende, nie zur Samenbildung gelangende Pflanze hingegen nannte man männlich, und betrachtete dem zu Folge den Blüthenstaub der männlichen Pflanze als den befruchtenden, das Ei der weiblichen Pflanze als den befruchteten Organismus.

Als vor 20 Jahren eine diesem entgegengesetzte Ansicht Geltung gewann, war ich es, der ihr zuerst mit den Thatsachen der Polyembryonie entgegentrat, in meiner Entwickelungsgeschichte des Coniferen-Eies (Lehrbuch der forstl. Culturpflanzen Taf. 25, Fig. 1—30), in meiner Befruchtungstheorie, Braunschweig 1842, in den Beiträgen zur Entwickelungsgeschichte der Pflanzenzelle und in „Leben der Pflanzenzelle", Berlin 1844. Alle die von mir beigebrachten Thatsachen blieben unbeachtet bei den Acten liegen, bis im Jahre 1847 die erste Widerlegung Amici zugesprochen wurde. Allein ich gestehe, dass alle Versuche eines directen Gegenbeweises, selbst an Orchis Morio, mir keine genügenden Resultate gegeben haben und dass, wenn nicht jene indirecten Gegenbeweismittel beständen, zu denen ausser der Polyembryonie auch die Befruchtung der Campanulaceen, der Capsella bursa pastoris, der Passifloren etc. gehört, denen in neuester Zeit die Beobachtung einiger Fälle jungfräulicher Keimbildung an Coelebogyne, Canabis, Mercurialis hinzugetreten sind, ich selbst den Kampfplatz nicht so rasch geräumt haben würde, als dies von einem Theile der Vertheidiger des Pollenkeims geschehen ist, um so weniger als die, in neuerer Zeit weit vorgeschrittene Erkenntniss in der Befruchtung der Zellenpflanzen, mehrere Fälle materieller Vereinigung männlicher und weiblicher Befruchtungsorgane ausser Zweifel stellt. Meine, in der Entwickelungsgeschichte von Oedogonium ausgesprochene Vermuthung, „dass den um die Winterspore jener Pflanze sich ansetzenden Keimpflänzchen männliche Function zustehe, vielleicht in einem der Copulation der Spirogyren ähnlichen Vorgange" (Bot. Zeitung 1855, S. 421 Taf. IV, Fig. V 1—16) ist durch Pringsheim's Beobachtungen an Oedogonium ciliatum bestätigt (Monatsberichte der Berliner Akad. der Wissenschaften, Mai 1856, S. 227).

Die Resultate meiner, der Befruchtung zugewendeten Arbeiten haben mich, noch über die heute herrschenden Ansichten hinaus, zu der Ueberzeugung geführt, dass, wenn allerdings in vielen Fällen ein Vordringen des Pollenschlauches bis zum Keimsäckchen nachgewiesen werden kann, dies dennoch nicht in allen Fällen vollzogener Befruchtung stattfindet, dass der befruchtende Saft aus dem Pollenschlauche oder Pollenkorne durch

weite Strecken trennenden Zellgewebes dem Pflanzeneie und dem Keimsäckchen zugeführt werden könne, ohne dass der Pollenschlauch zu letzterem wirklich vordringt. Kann das, schon vor der Bestäubung vorhandene, Zellgewebe der Vorkeime von Lupinus den befruchtenden Saft der Endzelle zuführen, so wird man auch jedem anderen Zellgewebe diese Fähigkeit zusprechen können, die ich durch Verstümmelung der Narben von Campanula direct erwiesen und durch die Nachweisung bestätigt habe, dass bei Capsella es nicht die Pollenschläuche sind, welche in den Eiknospenmund eindringen, sondern Verzweigungen des leitenden Zellgewebes. Da nun aber der Inhalt des Pollenkorns wie des Pollenschlauches sich vom Inhalte anderer Pflanzenzellen erkennbar nicht unterscheidet, so lassen sich die Fälle beobachteter Parthenogenesis vielleicht durch die Annahme erklären, dass die Pollenzellen hier im Fruchtknoten selbst sich bilden, und, ohne Form- und Ortsveränderung, den in ihnen bereiteten Befruchtungsstoff dem Keimsäckchen zusenden.

DRITTER THEIL.

Entwickelungsgeschichte der Reservestoffe des Embryo und des Endosperm bis zur Samenreife und während des Keimens.

ERSTER ABSCHNITT.

Die Reservestoffe.

a. Bedeutung der Reservestoffe.

§. 64. Wir haben im ersten Theile dieser Schrift gesehen: wie aus dem Zellkerne durch Physalidenbildung der Ptychodeschlauch entstehe, und wie dieser Letztere zur starren, von den Ptychodehäuten begrenzten Zellwandung werde, durch Umbildung seines Gehaltes an Mikrophysaliden in die Schichtungen des Astathebandes. Ich habe ebendaselbst gezeigt: wie der zur Zellwandung umgewandelte Ptychodeschlauch ersetzt werde durch den Zellkern, wie der Letztere sich verjünge aus seinem Kernkörperchen. Wir sahen ferner: wie die, auf diesem Wege aus dem Zellkern entstandene Zelle sich fortan vermehre durch Selbsttheilung ihres Ptychodeschlauches, durch Ausbildung des Tochterschlauches zur Mutterzelle und durch erneute Selbsttheilung des regenerirten Ptychodeschlauches derselben in unzählbarer Wiederholung; wie auf diesem Wege aus der ersten Zelle das Zellgewebe des Embryo, wie aus dem Embryo die Pflanze erwachse.

Im zweiten Theile zeigte ich: wie in der Blüthe das Pflanzenei, wie in der Kernwarze des Pflanzeneies das Keimsäckchen, wie im Keimsäckchen eine grosse Zahl von Zellkernen sich bilden, von denen einer oder einige zu Keimzellen und durch diese zum Embryo, andere zu den Zellen des Endosperm sich ausbilden.

Hiermit, mit den Verrichtungen der Zelle in Bezug auf ihre eigene Ausbildung wie in Bezug auf Zellenmehrung, ist nun aber deren Wirksamkeit noch nicht geschlossen. In der fertig gebildeten, einer weiteren Theilung in Tochterzellen nicht mehr unterworfenen Zelle, meist schon vor Eintritt dieses Zustandes, entwickelt der Zellkern, unter wiederholter Verjüngung seiner selbst aus dem Kernkörperchen, eine Reihefolge von Mikrophysalide-Generationen, deren erste sich zu einer zweiten, inneren, oft sehr dicken Zellwand, deren nachfolgende sich zu Chlorophyll, Stärkemehl, Klebermehl ausbilden, bis der erweiterte Ptychoderaum mehr oder weniger von diesen hüllhäutigen Körpern erfüllt ist.

Die zweite, innere, meist, aber nicht immer aus Zellstoff bestehende Zellwand sowohl, wie das die Zelle füllende Stärkemehl, Klebermehl, Oel, sind für den Embryo (oder für nachfolgende Vegetationsperioden, oder für andere Pflanzentheile derselben Pflanze) dasselbe, was der Dotter und das Eiweiss des thierischen

Eies für den Thierkeim sind: ein Vorrath von Reserve-Bildungsstoffen, dem Keime von der Mutterpflanze (oder der diesjährigen Pflanze von der vorjährigen Pflanze) fürsorglich mitgegeben für denjenigen Zeitraum seiner Entwickelung, in welchem er von der Mutterpflanze getrennt, aber noch nicht fähig ist, selbstständig Rohstoffe in Bildungsstoffe umzuwandeln.

Diese Fähigkeit gewinnt der Keim des Samenkorns erst dann, wenn in Folge der Keimung seine ersten, normalen Blätter ausgebildet sind. Bis dahin kann die Keimpflanze Rohstoffe aus der Umgebung aufnehmen, sie vermag diese aber noch nicht in Bildungssaft umzuwandeln. Ehe sie dazu gelangt, erreicht sie mitunter eine bedeutende Grösse (Vicia, Quercus, Aesculus), nur durch Ernährung und Wachsthum aus den, im Keimungsprocesse zu Bildungssaft zurückgeschrittenen Reservestoffen, aus dem, in den Samenlappen des Keimes selbst, oder im Endosperm, oder im Perisperm, oder in allen diesen Theilen des Samenkorns zugleich, niedergelegten Stärkemehl, Klebermehl, Oel und Wandungsstoffe, deren Analogie mit dem Dotter des thierischen Eies in dieser Richtung daher eine vollkommne ist.

Lässt man Bohnen, Wicken, Eicheln, Kastanien keimen, schneidet man die Samenlappen ab, zur Zeit wenn die Pflänzchen bereits eine Höhe von 4—6 Zollen erreicht haben, die ersten Blätter aber noch nicht ausgebildet sind, so bleiben die jungen Bohnen noch wochenlang, die jungen Eichen oder Kastanien noch viele Monate hindurch dem Anscheine nach gesund und kräftig, aber ohne zu wachsen, ohne die Blätter weiter zu entfalten. Das Pflänzchen bleibt genau auf der Stufe, auf welcher es stand, als die Samenlappen weggeschnitten wurden, bis es endlich Faulflecke bekommt und abstirbt. Mit den Samenlappen wurde dem Pflänzchen das Material weiterer Fortbildung geraubt, die schon entfalteten, aber noch unausgebildeten Blätter waren noch nicht fähig, Rohstoffe zu assimiliren, die Pflanze war noch nicht selbstständig. Schneidet man die Samenlappen ab, zur Zeit wenn die ersten Blätter ausgebildet sind, dann wächst die Pflanze freudig fort, auch wenn die Samenlappen noch reichlich Stärkemehl oder Klebermehl enthalten.

Wenn dies Experiment nicht bei allen Pflanzen gleichen Erfolg hat, wenn mehrere derselben schon sehr früh ihrer Samenlappen beraubt werden können, ohne dass der Wuchs des Pflänzchens, wenn auch verkümmert, doch nicht aufgehoben wird, so hat dies darin seinen Grund, dass bei diesen Pflanzenarten entweder bedeutende Mengen von Reservestoffen im Stengelchen des Keims selbst abgelagert sind, oder dass der Reservestoff aus Endosperm oder Samenlappen sehr rasch in den Keim übergeht und in dessen Zellgewebe als Reservestoff wieder niedergelegt wird. So zeigt sich z. B. das Zellgewebe der Keimlinge von Taxus, Fraxinus, Tilia dicht erfüllt mit körnigem, componirtem Stärkemehl, von welchem vor dem Keimen nicht die Spur aufzufinden ist. Es wird in solchen Fällen das Stämmchen des Keimlings selbst zum Träger der, schon in den ersten Stadien des Keimens übersiedelten Reservestoffe.

Aber nicht allein im Samenkorne zeigt sich diese Abhängigkeit des Wachsthums von vorhandenen Reservestoffen; die Keime in der Kartoffelknolle, in der Blumenzwiebel, in der Rübe, Quecke, in der Wurzel der Staudengewächse und in der Knospe mehrjähriger Pflanzen verhalten sich zu ihrem Träger: zur Knolle, Zwiebel, Rübe, Stolone, Wurzel oder zur ganzen, entlaubten Winterpflanze, sie verhalten sich zu den, in diesen bleibenden Pflanzentheilen niedergelegten, selbst stofflich nicht oder nur ausnahmsweise verschiedenen Reservestoffen ganz ebenso, wie sich der Keim im Samenkorne zu den, in diesem niedergelegten Reservestoffen verhält. Die Entwickelung des Keims der Knolle, Rübe, Baumknospe etc. beruht ebenso auf einem Keimungsprocesse, d. h. auf einer Rückbildung überwinterter Reservestoffe in flüssigen Bildungssaft und dessen Verwendung auf erneutes Wachsthum, wie die Entwickelung des Keims im Samenkorne zur Keimling-Pflanze. In dieser Ausdehnung habe ich die Lehre von den Reservestoffen, mit specieller Beziehung auf deren Verhältniss zum Vegetations-Cyclus der Holzpflanzen, zuerst in Schweigger-Seidel und Erdmann Journal für praktische Chemie 1835, S. 217, und in einer Arbeit meiner Jahresberichte (1837) „Ueber die Vegetations-Perioden der Waldbäume" hingestellt, womit zugleich die physiologische Bedeutung des Stärkemehls, Klebermehls, des fetten Oeles und unter Umständen selbst der Wandungsstoffe ans Licht trat.

b. Lagerstätte der Reservestoffe.

§. 65. Die Reservestoffe des Samenkorns sind von der Mutterpflanze bereitet und in der Form von Stärkemehl, Klebermehl, fettem Oel und Zellstoff, theils im Zellgewebe der Kernwarze, theils im Endosperm,

theils im Keime selbst aufgespeichert. Sie dienen der Ernährung des Keims im Keimungsprocesse und dem Wachsthume der Keimpflanze oft noch viele Monate über die Keimung hinaus (Quercus, Castanea, Aesculus). Die Reservestoffe der Knolle, Rübe, Zwiebel, der ausdauernden Wurzel aller Staudengewächse und Gräser sind dieselben wie im Samenkorne, ausser dem, hier häufig auftretenden Inulin, Schleim, Gummi und Zucker, und lagern im Zellgewebe dieser bleibenden Pflanzentheile. Die Entwickelung des Keims aus der Kartoffel, aus der Hyacinthenzwiebel, aus der Quecke ist ein dem Keimen des Samenkorns durchaus analoger Vorgang. Auch die Pflanzen mit mehrjährigem Stamme bilden und verwenden alljährlich ihre Reservestoffe. Auch hier lagert die grösste Menge derselben in den unterirdischen Pflanzentheilen, doch auch in Stamm, Aesten und Zweigen, sowohl in Rinde, Mark und Markstrahlen, als im Holz- und Bastkörper, meist nur in den Zellfasern letzterer, mitunter jedoch auch in den ächten Holzfasern (Robinia, Acer, Platanus). Sie bestehen überall aus demselben Material und erleiden überall in der Frühperiode jedes Jahres dieselbe Umbildung in Zucker, Gleis (Amygdalin), Mannit und Eiweiss *), wie im Keimungsprocesse des Samenkorns. Im Samenkorne ist das Magazin der Reservestoffe ein hinfälliges, nur einer Aufspeicherung dienstbares, in der mehrjährigen Pflanze hingegen ist es ein bleibendes, ein Unterschied, der in der Knolle, Rübe, Zwiebel seine Uebergänge findet.

Nur bei wenigen Pflanzengattungen lagern die Reservestoffe des Samenkorns vorherrschend im Zellgewebe der Kernwarze und bilden das Perisperm des Samenkorns z. B. bei den Nymphäen. Häufiger wird das Zellgewebe der Kernwarze durch den heranwachsenden Embryosack resorbirt, es bildet sich im Innern des Letzteren das Zellgewebe des Endosperm als Bildungsstätte der Reservestoffe aus, in welchen Fällen dann aber auch die Zellen des Embryo selbst mit letzteren erfüllt sind. Dies ist der Fall z. B. bei allen Nadelhölzern, bei den Eschen, Linden, Reben, Waldreben, bei vielen Euphorbiaceen und Monocotylen. Bei den meisten Pflanzen wird auch das Endosperm ganz oder theilweise resorbirt, es ist dann der Embryo, dessen Zellgewebe sich mit den Reservestoffen füllt; und zwar geschieht dies vorzugsweise innerhalb des Zellgewebes der ersten Blattausscheidungen, die dadurch ungewöhnliche Verdickung erlangen und zum Samenlappen werden. Endlich sind auch solche Fälle nicht selten, in denen sowohl Perisperm als Endosperm und Keim zu Trägern der Reservestoffe werden. Einen solchen Fall stellt Taf. I, Fig. 74 aus Ricinus dar.

Bei allen einjährigen Pflanzen geschieht die Ablagerung der Reservestoffe vorzugsweise in dem, gegen Ende des Pflanzenlebens sich bildenden Samenkorne. Meist ist dies der letzte Act des Pflanzenlebens; nicht selten, und zwar bei ungleichzeitiger Samenreife, findet auch während der Dauer derselben noch Wachsthum der übrigen Pflanzentheile statt.

Bei vielen unter denjenigen mehrjährigen Pflanzen, die schon im ersten Lebensjahre zur Blüthe-, Frucht- und Samenbildung gelangen, werden nicht allein letztere, sondern auch der Stamm oder die Wurzel der Pflanze zum Reservoir überwinternder Bildungsstoffe (Knolle, Rübe, Zwiebel).

Bei mehrjährigen Pflanzen mit spätem Eintritt der Mannbarkeit (Bäume und Gesträuche) findet bis dahin eine Ablagerung von Reservestoffen nur in Wurzel und Stamm statt, vorzugsweise in ersterer. Das Wurzelholz junger Rosskastanien, Buchen, Eichen enthält so bedeutende Mengen von Stärkemehl, dass es von Jodlösung tief indigblau gefärbt wird.

Hat die mehrjährige Pflanze ihre Mannbarkeit erreicht, so findet von da ab eine doppelte Aufspeicherung von Reservestoffen statt, sowohl in den ausdauernden Pflanzentheilen als in dem von der Pflanze sich trennenden Samenkorne, ohne dass eine die andere beeinträchtigt.

Die Aufspeicherung von Reservestoffen in den bleibenden Pflanzentheilen der Bäume ist eine regelmässig, alljährlich sich erneuernde. So weit eine, auf Schätzung beruhende Beurtheilung möglich ist, erfolgt diese Ablagerung auch alljährlich in annähernd gleichen Mengen.

Die Aufspeicherung von Reservestoffen in der Samenproduction mehrjähriger, mannbarer Pflanzen ist, selbst unter gleichen, äusseren Einflüssen eine, oft viele Jahre hindurch aussetzende. Die Samenproduction unserer Rothbuchenbestände lässt oft länger als zehn Jahre auf sich warten. Darunter giebt es Jahre, in denen

*) Es ist eine anomale Erscheinung, dass, während im Keimungsprocesse der Sämereien das fette Oel sofort verschwindet, dieser Stoff im Keimungsprocesse der älteren Holzpflanze sich bildet. Der Saft aus den jungen Holzfasern der Linde — das sogenannte Cambium — enthält bedeutende Mengen fetten Oeles, von dem zu jeder andern Zeit nichts aufzufinden ist; darüber in meiner Arbeit über „Knospenleben“ ein Mehreres.

weit verbreitete Bestände auch nicht ein einziges Samenkorn erzeugen. Die Fichtenbestände unseres Harzes haben jetzt seit sechs Jahren nicht so viel Samen geliefert, als zur Beschaffung der Culturen erforderlich war; allerdings ein Ausnahmefall, da die Samenjahre der Fichte in der Regel häufiger wiederkehren.

Dies Aussetzen der Samenjahre beruht weder auf ungünstigen Witterungseinflüssen, noch auf Stoffmangel, sondern es ist eine der vielen Lebenserscheinungen, deren Grund uns verborgen ist. Es folgt ebenso einem fruchtbaren wie einem unfruchtbaren Jahre, gegen deren Wechsel die Holzpflanzen unserer älteren Waldbestände überhaupt ziemlich unempfindlich sind, wie uns dies das von ihm unabhängige Gleichbleiben des Holzzuwachses beweist. Es beruht nicht auf Mangel besonderer Stoffe, denn es geht ihm ein gänzliches Aussetzen in der Bildung von Blütheknospen vorher, die sich schon im Sommer des Vorjahres bilden und zu ihrem Entstehen keiner anderen Stoffe bedürfen als die Triebknospe und der Brachyblast.

Dass hier selbst individuelle Eigenschaften wirksam sind lehrt uns der Obstbau. In demselben Obstgarten findet man Bäume, die fast alljährlich Früchte tragen, während andere, danebenstehende von gleicher Art und gleichem Alter häufig unfruchtbar bleiben.

c. Verschiedenheit der Reservestoffe.

§. 66. Die Körper, welche als Reservestoffe mir bis jetzt bekannt wurden, lassen sich in drei Gruppen bringen, in:

1. Hüllhäutige Sonderkörper,
2. Wandungsstoffe,
3. Hüllhautlose Stoffe.

Zu den hüllhäutigen Körpern gehören das Stärkemehl, das Inulin und das Klebermehl. Die beiden Ersteren sind neutrale Kohlenhydrate, das Letztere ist Träger der sogenannten Proteinkörper: Verbindungen der, auch hier den Hauptbestand bildenden Kohlenhydrate mit Stickstoff, Phosphor und Schwefel.

Die Zellkerne und die Chlorophyllkörper gehören an sich nicht in die Reihe der Reservestoffe, sondern nur durch die vorgenannten Umbildungsprodukte, die aus ihnen hervorgehen.

Zu den Wandungsstoffen gehört die Cellulose, Schleiden's Amyloid, die Schleimzelle, die Gummizelle und die Gerbzelle (§. 37, 38) so wie der, ebendaselbst beschriebene Wandungsstoff mehrerer Umbelliferen (Heracleum).

Dass die zweite, oft bedeutend verdickte Zellwand der Samenlappen, des Endosperm oder Perisperm der Sämereien beim Keimen derselben als Reservestoff aufgelöst und verwendet werde, wird aus den nachfolgenden, speciellen Beobachtungsreihen hervorgehen. Sehr wahrscheinlich findet eine solche Verwendung von Cellulose auch in dem alljährlich sich erneuernden Keimungsprocesse der mehrjährigen Holzpflanze statt. In einem diesen Gegenstand behandelnden Anhange zu meinen Brennkraftversuchen (Braunschweig, Vieweg, 1855) habe ich nachgewiesen, dass die bedeutend geringere Schwere des in der Saftzeit gefällten Holzes sich nicht allein erklären lasse aus der Menge der, zu dieser Zeit verwendeten Reservestoffe des Winterholzes.

Hüllhautlose Reservestoffe sind: fette und flüchtige Oele, erstere besonders in Sämereien weit verbreitet; im Zellsafte gelöster Zucker, der sich theilweise zwar erst im Keimungsprocesse aus den Kohlenhydraten bildet, theilweise aber auch schon vor der Keimung im Zellsafte aufgelöst enthalten ist, z. B. im Winter- und Frühsafte der blutenden Ahorne, Birken, Hainbuchen, im Wintersafte der Runkelrübe, vieler Knollen und Zwiebeln; endlich salpetersaure und pflanzensaure Salze mit theils unorganischer, theils organischer Base.

Harze und Wachs scheinen nicht als Reserve-Bildungsstoffe zu fungiren, auch nicht die in der lebenden Pflanze fertig gebildeten Krystalle mit unorganischen Basen. Im Winter- und Frühsaft der Holzpflanzen ist kein oder sind doch nur sehr geringe Spuren von Eiweiss enthalten, es entsteht dasselbe erst mit der Keimung, wahrscheinlich aus dem Klebermehle, denn die Säfte der jungen Holz- und Bastfasern, das sogenannte Cambium, sind ausserordentlich reich daran. Die Wintersäfte der Rüben, Knollen, Zwiebeln enthalten allerdings gelöstes Eiweiss, allein es ist mir wahrscheinlich, dass dasselbe, erst nach dem Auspressen des Safts, aus einer Klebermehl-Lösung im Zellsafte sich bildet. Auch die Milchsäfte der Pflanzen scheinen nicht zu den Reservestoffen zu gehören, wenigstens habe ich bis jetzt keine periodisch eintretenden Veränderungen in deren Menge und Beschaffenheit auffinden können.

Unter den aufgeführten Reserve-Bildungsstoffen enthält das Samenkorn, so viel ich bis jetzt weiss, nur die nachfolgenden:

1. W a n d u n g s s t o f f e (Cellulose, Amyloid und schleimartige, in Wasser lösliche Stoffe) in einer zweiten, inneren Zellwand, die im Keimungsprocesse aufgelöst wird. Bei vielen Palmen, Lilien und Asphodeleen, bei einigen Leguminosen, Boragineen, Convolvulaceen bildet die zweite Zellwandung den Hauptbestandtheil des Reservestoffs, die Cambialwandung bleibt ungelöst. Bei einigen Palmen hingegen ist es die erste Zellwand, welche sich aussergewöhnlich verdickt und im Keimungsprocesse aufgelöst und verwendet wird.

2. K l e b e r m e h l, stets von grösseren Mengen fetten Oeles begleitet, in der grossen Mehrzahl der Sämereien.

3. S t ä r k e m e h l, vorherrschend in den Gräsern, Riedgräsern, Rohrkolben, Nymphäen, Najaden, Piperaceen, Aroideen, in den Viciaceen, Phaseolen, Polygoneen, Chenopodeen, in Quercus, Castanea, Aesculus, jedoch nie ohne Beimengung von Klebermehl und geringen Mengen fetten Oeles.

4. F e t t e s O e l, allgemein verbreitet, als alleiniger Reservestoff bis jetzt von mir nur in Phragmites aufgefunden.

5. K r y s t a l l e p f l a n z e n s a u r e r S a l z e, so viel ich weiss nur solche mit organischer Base, abgesehen von denjenigen Mengen anorganischer Stoffe, die allgemeine Bestandtheile a l l e r organisirten Pflanzenstoffe sind, und im Ascherückstande auch des Stärkemehls und des Klebermehls nicht fehlen.

ZWEITER ABSCHNITT.

Die Vegetationsperioden.

a. Begründung derselben im Ernährungsprocesse.

§. 67. Die Pflanze wächst durch Vermehrung und durch Vergrösserung ihrer Zellen; die Rohstoffe für ihr Wachsthum entnimmt sie ihrer äusseren Umgebung; durch die Blätter und blattartigen Organe entnimmt sie dieselben der sie umgebenden Luft, durch die Wurzeln entnimmt sie diese dem Boden. Diese Rohstoffe der Ernährung sind aber anderer, einfacherer Zusammensetzung als die Stoffe, welche der lebende Organismus aus ihnen schafft. Kohlensäure, Wasser und Ammoniak, Schwefel, Phosphor, Alkalien, Erden und Metalle verwandelt die lebende Pflanze in die zusammengesetzteren, organischen Verbindungen des Zellstoffs (Cellulose), des Hautstoffs (Ptychodin) und des Kernstoffs (Chlorogen), des Stärkemehls, Klebermehls und des Chlorophylls, des Zucker, Gummi und der Gallerte, der Gerb-, Extractiv- und Farbstoffe, der Oele, Wachse und Harze etc.

Die Umwandlung der rohen Nährstoffe in ein allgemeines, formloses, der Wanderung von Zelle zu Zelle fähiges, daher flüssiges Substrat aller aus ihm sich entwickelnden, näheren Pflanzenstoffe; die Umbildung der Rohstoffe in das was wir B i l d u n g s s a f t nennen, in die Säftemasse *), von welcher der Zellkern sich ernährt, durch welche er wächst und sich regenerirt, scheint bei allen höher entwickelten Pflanzen nur unter dem Einflusse der sauerstoffabscheidenden Kraft des Sonnenlichts vor sich zu gehen, daher nur in den, dem Lichte zugänglichen Organen, in den Blättern und in den blattartigen Pflanzentheilen ihren Sitz zu haben. Der Keim im Samenkorne, in der Knolle, Rübe, Zwiebel, wie in der Winterknospe mehrjähriger Pflanzen sind nicht

*) Dass es einen solchen allgemeinen Bildungsstoff gebe ist mehr als wahrscheinlich; sein ältester wissenschaftlicher Name ist „C a m b i u m"; ich unterschied ihn zuerst als „P t y c h o d e s a f t" von der Flüssigkeit des inneren Zellraums; will man ihn „P l a s m a" oder „P r o t o p l a s m a" nennen, so ist dagegen nichts einzuwenden, wenn man den, dem Namen unterlegten Begriff eines Stoffes aus welchem organisirte Körper unmittelbar entstehen, verändert in den Begriff eines organischen Nährstoffes für den Zellkern sowohl, wie für alle übrigen, o r g a n i s i r t e n Körper der Pflanzenzelle.

befähigt, Rohstoffe in Bildungssäfte umzuwandeln, ehe nicht die ersten Blätter des Keimlings, des Zwiebel- oder Knollenkeims oder des jungen, aus der Winterknospe sich entwickelnden Triebes zur vollen Entwickelung gediehen sind (§. 64).

Es giebt aber ausserdem noch viele andere Gründe für die Annahme: dass nur dem Lichte zugängliche Pflanzentheile fähig sind, die aus der Umgebung aufgenommenen, rohen Nahrungsstoffe in Bildungssaft umzuwandeln. Die Nothwendigkeit der Belaubung für die Erhaltung des Pflanzenlebens überhaupt; das Verhältniss, in welchem sie zur Grösse des jährlichen Zuwachses steht (Bot. Zeitung 1853, S. 576); das Verhalten der Blätter zum Lichte; der Einfluss des Lichtmangels auf die Entwickelung derselben und der Triebe; die Wasser- und Sauerstoff-Aushauchung im Lichte; die Kohlensäure-Aushauchung und Zellsaft-Absonderung der Blätter zur Nachtzeit und im Schatten, als Folge einer, bei Lichtmangel eintretenden Indigestion (Bot. Zeit. 1855, S. 912); endlich der Einfluss, welchen bis zum Splinte reichende Ringwunden auf Unterbrechung des Zuwachses aller unter der Ringwunde befindlichen, mit den Blättern nicht mehr in Rinde- und Bastverbindung stehende Baumtheile ausüben, trotz der, an stärkeren Bäumen oft noch Jahrzehende hindurch fortdauernden Säfteleitung der entrindeten Baumtheile aus der Wurzel in die Blätter, gehören hierher. Hätte die Wurzel- und Stammzelle das Vermögen Rohstoffe in Bildungssäfte umzuwandeln, so ist nicht einzusehen, weshalb durch Ringwunden die Bildung neuer Reservestoffe in der Wurzel, ebenso wie der Zuwachs an Holz und Bastfasern, in den unter ihnen liegenden Baumtheilen aufgehoben wird, da derselbe doch so lange fortdauert als die Wurzel, aus der Zeit unverletzten Zustandes der Pflanze, noch Reserve-Bildungsstoffe enthält.

Allerdings giebt es Pflanzen, die unter Lichtabschluss wachsen, die Nachtfasern unserer roth- oder weissfaulen Bäume, die Pilzgattungen Racodium, Rhizomorpha, Xylostroma, Tuber etc. gehören dahin. Allein alle diese niederen, cryptogamen Gebilde nähren sich nicht von Stoffen der anorganischen Natur, sondern von Substanzen, die, wenn auch abgestorben, doch immer noch der organischen Natur angehören. Es mag wohl sein, dass der organische Nahrungsstoff der Pilzfaser einer Abscheidung von Sauerstoff durch die Wirkung des Sonnenlichts nicht bedarf, um für sie Bildungssaft zu werden, die stete Kohlensäure-Aushauchung dieser Pflanzen spricht dafür. Alle Nachtpflanzen sind Vorläufer und Diener chemischer Entmischung todter, organischer Körper, alle Lichtpflanzen sind Bildner organischer Verbindungen aus anorganischen Stoffen, die Zwecke beider im Haushalte der Natur sind entgegengesetzte.

Dass der in dieser vielbesprochenen, physiologischen Streitfrage andererseits geltend gemachte Gehalt des aufsteigenden Pflanzensaftes an Lösungen bereits verarbeiteter Pflanzenstoffe, an Zucker, Gummi, Eiweiss etc. nicht in der Wurzelzelle aus Rohstoffen bereitet werde, sondern aus der Auflösung in der Wurzel abgelagerter Reservestoffe, besonders aus reichlichen Mengen von Stärkemehl herrühre, habe ich bereits vor zwanzig Jahren nachgewiesen und neuerlich in der Allgem. Forst- und Jagd-Zeitung, Augustheft 1857, durch eine Reihe sorgfältig ausgeführter vergleichender Versuche noch weiter belegt.

Wenn nur die dem Lichte zugänglichen Theile der Pflanzen fähig sind, Rohstoffe der anorganischen Natur in organischen Stoff, in Bildungssaft umzuwandeln; wenn die dem Lichte zugänglichen Blätter und blattartigen Theile der Pflanze einer gewissen Ausbildung bedürfen, um diese Function zu verrichten: so ergiebt sich daraus die Nothwendigkeit der Reservestoffe für das Pflanzenleben. Die Bildung, Aufspeicherung, Wiederauflösung und Verwendung dieser Stoffe begründen Verschiedenheiten in der Lebensthätigkeit des Pflanzenkörpers, die, mehr oder weniger an gewisse Jahreszeiten gebunden, sich in Perioden eines jährlichen Cyclus eintheilen lassen.

Betrachtet man den Zeitraum, in welchem der Pflanzenkeim und dessen Reservestoffe im Samenkorne von der Mutterpflanze gebildet und ernährt werden als eine erste Vegetationsperiode (Herbst), so folgt dieser ein Zustand völliger Ruhe aller vitalen Functionen, hier als Samenruhe auftretend, in der älteren Pflanze als Winterschlaf alljährlich wiederkehrend (Winter). Dieser zweiten Periode folgt die Keimung des Samenkorns, die Sprossung der Knolle, der Zwiebel, die Wiederbelaubung der älteren Pflanze, als gleichbedeutende Keimungserscheinungen einer dritten Periode (Frühling), in welcher die Reservestoffe in Bildungssaft wieder umgewandelt und auf die Reproduction neuer Assimilationsorgane, neuer Blätter, neuer Triebe und neuer Wurzeln verwendet werden. Ist der Keimling des Samenkorns, der Knolle, der Zwiebel, sind die belaubten Triebe aus den Knospen mehrjähriger Pflanzen dadurch bis zu einem gewissen Grade der Ausbildung ihrer Blätter vorgeschritten, so beginnt, in einer vierten Periode, die selbstständige Wirksamkeit der belaubten Pflanze in Verarbeitung roher Nährstoffe, verbunden mit der Vollendung aller Theile des Jahreswuchses (Sommer), der sich dann die erste Periode

eines neuen Cyclus anschliesst; die Periode der Bereitung neuer Reservestoffe, theils für die Samenbildung, theils für den Zuwachs der mehrjährigen Pflanze im kommenden Jahre (Herbst).

Dass diese Vegetationsperioden nicht überall mit den genannten Jahreszeiten zusammenfallen, dass sie theils viel rascher verlaufen (Draba verna), theils mehr als den Zeitraum eines Jahres in Anspruch nehmen (tropische Pflanzen unserer Treibhäuser, z. B. Araucaria, Cycas), dass sie auch nicht streng voneinander geschieden sind, sondern in den Einzelheiten ihrer Erscheinung mehr oder weniger ineinander greifen, bedarf kaum der Erwähnung.

1. Die Herbstperiode, Periode des Reifens.

§. 68. Gleichzeitig mit der Herausbildung des Embryo beginnt die Bildung und Aufspeicherung der Reservestoffe im Perisperm, Endosperm, oder im Keime des Samenkorns, im Zellgewebe der Knolle, Zwiebel und im ganzen Stamme der mehrjährigen Holzpflanze. Damit beginnt der Pflanzenherbst, er endet mit der Reife und Trennung des Samenkorns von der Mutterflanze, mit dem Absterben der einjährigen Pflanze, mit dem Absterben des Krautes der Stauden, der Zwiebelgewächse, überhaupt der mehrjährigen Pflanzen mit einjährigem Stengel, mit dem Abfalle der Blätter mehrjähriger Pflanzen mit mehrjährigem Stengel.

Bis zur Reife des Samenkorns. der Knolle, der Zwiebel, der Neubildungen des holzigen Knospenträgers, sind alle Theile derselben Erzeugniss ihrer Mutterpflanze. Wie das Samenkorn und die Knolle bis zu ihrer Reife sich aus Bildungssäften nährten, die von der Mutterpflanze aus Rohstoffen bereitet und ihnen zugeführt wurden, so wachsen auch die diesjährigen Theile der mehrjährigen Holzpflanzen durch Verwendung von Bildungssäften, die von der vorjährigen Holzpflanze bereitet wurden. Was die Mutterpflanze für das Samenkorn, was die Kartoffelstaude für die Knolle ist, das ist die vorjährige Holzpflanze für den Winterstock derselben; was das Samenkorn für den Keimling, was die Knolle für die Staude ist, das ist der Winterstock der Holzpflanze für deren nächstjährigen Zuwachs an Holz, Laub und Früchten durch die in ihm aufgespeicherten Reservestoffe.

Im dritten Abschnitte werde ich zeigen, welches die Vorgänge bei Bildung der Reservestoffe während des Reifens sind.

Das Reifen gehört dem Herbste, wie im Samenkorne so auch in der Wurzel und im Stamme. Der Unterschied liegt nur darin, dass es dort die Mutterpflanze ist, welche den Reservestoff für ihre Nachkommen abscheidet, der sich im Samenkorne von ihr trennt, während hier die Pflanze für eine Nachkommenschaft an Blättern und Knospen, an Trieben und Holzringen arbeitet, die mit ihr vereint bleiben, daher dann auch der Reservestoff für diese Bildungen in bleibenden Pflanzentheilen niedergelegt wird.

2. Die Winterperiode — Samenruhe.

§. 69. Der Reife des Samenkorns folgt nicht unmittelbar die weitere Ausbildung des Keims zur jungen Pflanze, sondern es tritt ein kürzerer oder längerer Zeitraum vollständiger Ruhe aller vitalen Functionen ein, ähnlich dem Winterschlafe der Thiere. Die Dauer dieser Samenruhe ist eine sehr verschiedene. Bei Populus und Salix währt sie oft nur 24 Stunden, bei den Gräsern 2–3 Tage, bei den Hülsengewächsen 5—8 Tage, bei den meisten unserer Waldbäume und Gesträuche 2—4 Wochen, bei einigen derselben 18 Monate (Carpinus, Fraxinus, Crataegus, Cembra, Taxus etc.). Dass diese verschiedene Zeitdauer eine vitale Eigenschaft der Pflanzenart sei, dass sie nicht etwa in besonderer Beschaffenheit des Samens ihren Grund habe, ergiebt recht überzeugend der Unterschied zwischen Pinus Pinea und Pinus Cembra. Trotz der ungewöhnlich dicken und festen Schale keimt Erstere unter allen Nadelhölzern am früheslen, mitunter schon 10 Tage nach der Aussaat, während der dünnschaligere, aber übrigens in jeder anderen Hinsicht gleich gebildete Same von Pinus Cembra 18 Monate in der Erde liegt. Der im Herbste ausgesäete Same von Fraxinus pubescens keimt schon im nächsten Frühjahre, während der, auf einem benachbarten Baume erwachsene, gleichzeitig gesammelte und gleichzeitig in gleicher Weise neben ihm ausgesäete Same der heimischen Fraxinus excelsior 18 Monate im Boden liegt. Dieselbe Wärme, dieselbe Feuchtigkeit, dieselbe Luftmenge, welche den Samen von Fr. pubescens im ersten Frühjahre zum Keimen treibt, gehet am Samen von Fr. excelsior wirkungslos vorüber und erweckt das Samenkorn erst im zweiten Frühjahre aus seinem Schlummer. Nirgends treten uns so viele und so überzeugende Beweise der Existenz einer, den Stoff und die Eigenschaften (Kräfte) des Stoffs beherrschenden, Lebenskraft des Organismus entgegen

wie im Samenkorne. Wer darf solchen einfachen Thatsachen gegenüber zu behaupten wagen, die Lebensthätigkeit sei eben nichts Anderes als eine Combination und Wechselwirkung allgemeiner Eigenschaften der Materie, da es doch unumstösslich feststeht, dass letztere unter gleichen Umständen stets gleiche Wirkung äussern.

Die gesetzmässige Samenruhe erheischt einen besonderen Zustand der Reserve-Bildungsstoffe, einen Zustand, in welchem dieselben den, im natürlichen Verlaufe der Dinge ihnen entgegentretenden Agentien Widerstand zu leisten vermögen. Als einen solchen Zustand haben wir die Umbildung derselben in die Substanz des Astathebandes, in Stärkemehl, Klebermehl und in Oel zu betrachten *). Je vollständiger diese Umwandlung ist, um so länger erhält sich die Keimfähigkeit auch über die gesetzliche Dauer der Samenruhe hinaus, unter Abschluss der, die Erweckung des Keimlebens bedingenden Einflüsse, d. h. um so unempfindlicher wird das schlummernde Samenkorn gegen äussere, seine Constitution beeinträchtigende Stoffe und Kräfte. Der an wässrigen Säften reiche Same der Eiche, der Kastanie (allerdings aber auch die Buchecker, die Haselnuss etc.) erhalten sich, selbst unter sorgfältigster Aufbewahrung, nur bis zum Frühjahre nach der Samenreife keimfähig, während das trockne Samenkorn der Cerealien, der Leguminosen, das ölreiche Samenkorn der Nadelhölzer viele Jahre hindurch keimfähig bleiben.

Die gemeinschaftliche, physiologische Bedeutung des in den Samenlappen des Keimes selbst, oder im Endosperm, oder im Perisperm (Albumen) sich ansammelnden Massen von Stärkemehl oder Klebermehl und fettem Oele ist daher die eines condensirten Bildungsstoffes in einem, gegen äussere Einflüsse gewöhnlicher Art unempfänglichen Zustande.

Die gesetzmässige Dauer der Samenruhe lässt sich Monate hindurch, bei vielen Pflanzensamen (Gräser, Hülsengewächse, Nadelhölzer) viele Jahre hindurch verlängern durch Entziehung der, die Keimung hervorrufenden Agentien: Wärme, Feuchtigkeit und Luftwechsel. Die Keimfähigkeit des Mumien-Weizens ist ein bekanntes Beispiel. Je länger aber die Keimung über die natürliche Dauer der Samenruhe hinaus zurückgehalten wurde, um so schwächlicher wird die daraus hervorgehende Pflanze, wogegen durch eine, unmittelbar nach der Reife erfolgende Einsaat, die normale Dauer der Samenruhe oft um ein Beträchtliches abgekürzt wird.

Die normale Dauer der Samenruhe wird verlängert, wenn der Same lange Zeit der Keimung entzogen bleibt. Alter Same der verschiedensten Holzarten liegt oft mehrere Jahre im Boden, ehe die Keimung beginnt, liefert dann aber auch nur schwächliche Pflanzen.

Die Samenruhe gleicht in allen Dingen der Winterruhe der Knolle, Rübe, Zwiebel und der mehrjährigen Pflanze.

3. Die Frühperiode — Keimung und Sprossung; Wachsthum aus Reservestoffen.

§. 70. Nach Ablauf der gesetzmässigen Samenruhe beginnt, unter entsprechendem Einfluss von Wärme, Feuchtigkeit und atmosphärischer Luft, im Samenkorne die Keimung, d. h. die Rückbildung der aufgespeicherten Reservestoffe in flüssigen, der Wanderung von Zelle zu Zelle fähigen Bildungssaft, die Ernährung des Embryo durch denselben und die Fortbildung des Letzteren zum Keimling.

Das Keimen ist eben so wenig eine einfache Auflösung, eine chemische Umbildung der aufgespeicherten Reservestoffe, als die Ansammlung und Herausbildung derselben aus den Bildungssäften des Mutterkörpers während des Reifens allein auf chemischer Umbildung beruht. Ansammlung der Reservestoffe während des Reifens, Wiederauflösung derselben während des Keimens sind chemisch-organische Vorgänge, in denen die Reservestoffe, ohne Verlust ihrer Organisation, eine Reihenfolge von Form- und Stoffwandlungen erleiden, deren Darstellung der Gegenstand des folgenden Abschnittes ist.

Wir werden sehen: wie, während des Reifens in einer vorschreitenden Metamorphose, aus dem Kernstoffkörperchen des Zellkerns das Chlorogenkorn, wie aus diesem die Zellstoffkörper des Astathebandes oder das Chlorophyllkorn, wie aus letzterem das Stärkemehl und aus diesem endlich das Klebermehl und das Oel entsteht; wie, durch eine rückschreitende Metamorphose, im Keimungsprocesse das Kleberkorn zum

*) Man kann sagen: dass es dieser besondere Zustand der Reservestoffe sei, welcher auch die Pflanze gegen Einflüsse unempfindlich mache, die zu jeder anderen Zeit zerstörend oder verletzend auf sie einwirken. Im Winter können die Säfte der Pflanze zu Eis erstarren, ohne dass dies irgend einen nachtheiligen Einfluss hat, während die keimende oder treibende Pflanze dadurch getödtet oder verletzt wird.

Stärkemehlkorne, wie dieses zum Chlorophyll, zum Chlorogen und Bildungssafte sich umwandelt, wie sich während des Reifens die zweite Zellwand bildet, wie sie sich während des Keimens wieder auflöst und zur Ernährung des wachsenden Embryo verwendet wird, bis letzterer einen Zustand erreicht hat, in welchem er befähigt ist, die Rohstoffe seiner Umgebung selbstständig in Bildungsstoffe sich zu assimiliren, ein Zustand, der, wie ich nachgewiesen habe (§. 64) in der Regel erst dann eintritt, wenn der Keimling das erste Blatt oder Blattpaar völlig ausgebildet hat.

In demselben Verhältnisse wie der Keimling zu den Reservestoffen seiner Samenlappen, seines Endosperm oder Perisperm, steht der Knospentrieb mehrjähriger Pflanzen zu den Reservestoffen seines Trägers. Ich habe in der Bot. Zeit. 1853, S. 576, neuerlich in der Allgem. Forst- und Jagd-Zeitung (August 1857) Versuchsreihen bekannt gemacht, aus denen mit der grössten Wahrscheinlichkeit hervorgeht: dass der ganze, jährliche Zuwachs der Holzpflanze an Blättern, Trieben, Holz und Bast den überwinterten Reservestoffen entstammt; dass daher die Holzpflanze wächst aus Bildungsstoffen, die im vorhergehenden Jahre bereitet wurden, während die Belaubung eines jeden Jahres neue Bildungsstoffe für das kommende Jahr bereitet. Bäume, die ich im Frühjahre vor dem Laubausbruche bis auf den Endtrieb entästen liess, entwickelten im Jahre der Entästung den normalen Jahreszuwachs an Holz- und Bastringen, die in einigen Fällen sogar breiter waren als im vorhergehenden Jahre, wahrscheinlich durch Verwendung desjenigen Bildungsstoffs auf die Jahresringe des Stammes, der im beasteten Zustande auf die Beastung verwendet wird. Die Wirkung der Entästung oder Entlaubung auf Verringerung des Zuwachses an Holzfasern zeigte sich erst im zweiten Jahre nach der Entästung in einem Minimum der Holzproduction, es steigerte sich von da ab alljährlich der Zuwachs an Holz, mit Zunahme der Ast- und Blattmenge, bis die normale Breite der Jahresringe wiederhergestellt war. Es ist dies ein Gegenstand, dessen nähere Darlegung einer folgenden Arbeit (Knospenleben) angehört.

Das Keimen gehört dem Frühjahre. In der That findet im Keimungsprocesse des Samenkorns und in der Wiederauflösung des Reservestoffs der Wurzel und des Stammes, dort durch das vom Samenkorne, hier durch die von den Wurzeln aufgenommene Bodenfeuchtigkeit, nachdem dort die Samenruhe, hier der Winterschlaf beendet ist, eine so grosse Uebereinstimmung statt, dass selbst die Producte rückschreitender Stoffwandlung: Zucker, Gummi, Gleis (§. 101), Eiweiss, Gerbstoffe, fette Oele, in beiden Fällen nahe dieselben sind. Wie es die Bestimmung der Reservestoffe des Samenkorns ist: im Keimungsprocesse den Embryo des Samenkorns bis zum assimilationsfähigen Zustande heranzubilden, so sind es die Reservestoffe der Winterpflanze, deren Verwendung den Embryo der Winterknospe auf dieselbe Entwickelungsstufe erhebt.

Die bei den Holzpflanzen alljährlich sich wiederholende Keimung wird bei einigen derselben durch die Erscheinung des Blutens eingeleitet. Es gehört dieselbe nicht der Keimung selbst an, sondern sie ist ein Vorläufer derselben und findet bei den Ahornen den ganzen Winter hindurch statt, vom Blattabfalle an, bis zur Wiederbelaubung, so wie die Tagestemperatur 6° Wärme übersteigt. Durch wechselnde Wärme und Kälte wird sie während des Winters häufig unterbrochen und erneut; eine Kälte, die den Saft im Baume zu Eis erstarrt, stört den Wiedereintritt des Blutens nicht und schadet der Pflanze in keiner Weise, wie dies stets der Fall ist, wenn die Knospenkeimung begonnen hat. Auch darf man das Bluten nicht betrachten als Folge einer, durch Aufnahme von Bodenwasser gesteigerten Saftmenge der Pflanze, seit ich gezeigt habe: dass die Holzpflanze während des Winters, vor Eintritt des Blutens der Birke, Hainbuche, Rebe, mindestens eben so viel, mitunter grössere Mengen von Feuchtigkeit enthält als zur Zeit des Blutens; dass Holzarten, die nie bluten, z. B. die Nadelhölzer, bei weitem grössere Mengen von Holzsaft enthalten als die blutenden Laubhölzer zur Zeit des Blutens (Ueber das Verhältniss des Brennwerthes der Holz- und Torfarten, Braunschweig, Vieweg, 1855, S. 93). In der That beruht das Bluten nicht auf einer aufsteigenden Fortbewegung von Säftemassen im Innern der Pflanze, wie dies auf den ersten Blick allerdings der Fall zu sein scheint; es lässt sich eben so vollständig erklären aus dem erweckten Streben gegenseitigen Säfteaustausches zwischen Nachbarzellen, das erst dann eine Fortbewegung der Zellsäfte zur Folge hat, wenn Verletzungen der Pflanze einen Saftausfluss örtlich gestatten. Fände zur Zeit des Blutens auch in der unverletzten Pflanze eine aufsteigende Fortbewegung des Saftes statt, so könnte diese doch immer nur kurze Zeit dauern und müsste mit eingetretener Füllung der oberen Baumtheile aufhören da die zur, Zeit des Blutens unbelaubte Pflanze, Organe zur Verdunstung der Feuchtigkeit noch nicht besitzt, man müsste denn einen Kreislauf der Säfte annehmen, für den uns jede directe Beobachtung fehlt.

Der Ansicht entsprechend: dass der Frühjahrssaft beim Keimungsprocesse unbetheiligt sei, dass er sich

zu den Reservestoffen der älteren Holzpflanze eben so verhalte wie die Feuchtigkeitsmenge, welche vom Samenkorne sofort nach der Aussaat aufgesogen wird, die aber ebenfalls erst nach Ablauf der gesetzlichen Samenruhe in Wirkung tritt, enthält der Holzsaft des blutenden Baumes nur Rohrzucker und zwar in unveränderter Menge vom December bis zum Anschwellen der Knospen (Ahorn). Erst mit dem Laubausbruche, wenn die Energie des Blutens bereits sehr verringert ist, mischen sich der Zuckerlösung bedeutende Mengen anderer Stoffe bei. Untersucht man, nachdem das Bluten aufgehört und die Keimung begonnen hat, den Saft der jungen, eben gebildeten Holzfasern (durch Abschaben der jüngsten, saftreichen Holzfaserschicht von entrindeten Baumstämmen vermittelst Glasscherben, Auspressen und Filtriren des Safts), so enthält dieser Saft nicht allein Zucker, sondern ausser diesem in allen Nadelhölzern, in Eschen, Eichen, Linden, Pappeln etc. Mannit (aus Robinia gefärbt), Gleis (§. 101), bedeutende Mengen von Eiweiss, verschiedenartige Extractivstoffe und fettes Oel, also die wesentlichsten Produkte des Keimungsprocesses auch der Sämereien, von denen im Safte des blutenden Baumes nichts zu finden ist.

4. Die Sommerperiode — Ernährung.

§. 71. Ist der Keimling durch Verwendung seiner Reservestoffe zur Ausbildung der ersten Blätter vorgeschritten, hat sich die mehrjährige Pflanze im Frühjahre aufs Neue belaubt durch Verwendung von Reservestoffen, die sogar stofflich von denen des Keimlings nicht verschieden sind, dann erst sind sie befähigt, die aufgenommenen Rohstoffe der anorganischen Natur in organische Stoffe umzuwandeln, und diese Thätigkeit allein ist es, die ich unter Ernährung verstehe.

Es ist die Bestimmung der Pflanze im Haushalte der Natur, die anorganischen Stoffe sich zu assimiliren und dem Thiere in organischer Form als Nährstoff darzubieten. Daher sind es denn auch nur anorganische Stoffe, von denen die Pflanze sich ernährt, und der, noch vor dreissig Jahren allgemein anerkannten Ernährung aus dem Humus des Bodens bin ich mit einer Reihe von Thatsachen, wie mit indirecten Gegenbeweisen entgegengetreten, die in neuerer Zeit ziemlich allgemein Geltung gefunden haben.

Der Boden liefert den Pflanzen vorzugsweise, nach Unger's neueren Beobachtungen sogar allein, das Wasser und, in diesem gelöst, Alkali-, Erd- und Metalloxyde in Verbindung mit Phosphor-, Schwefel-, Kiesel- und Kohlensäure. Freie Kohlensäure, wahrscheinlich auch kohlensaures Ammoniak, mögen gleichfalls durch die Wurzeln aus dem Boden aufgenommen werden (die Aufnahme der Kohlensäure mit dem Bodenwasser habe ich direct nachgewiesen [Anhang zur 1. Auflage von Liebig org. Chemie]), humussaure Salze hingegen finden keinen Zugang in gesunde Wurzeln. Die Fruchtbarkeit des Humus liegt in dessen physikalischen Eigenschaften, namentlich in seinem Verhalten zur Feuchtigkeit und zum Ammoniak, in seiner Kohlensäurebildung (obgleich die von den Wurzeln aus dem Boden aufgenommene Kohlensäure höchstens ½ % des Kohlenstoffbedarfs unserer Wälder liefern kann [Lehrbuch für Förster, 9. Auflage, Bd. I, S. 196]), so wie im Verhalten der Zersetzungsproducte desselben auf die anorganischen Bodenbestandtheile.

Durch die Blätter bezieht die Pflanze den bei weitem grössten Theil ihres Kohlenstoff- und Ammoniakbedarfs aus der Atmosphäre.

Da nur die dem Lichte zugänglichen Pflanzentheile assimilationsfähig sind, so müssen die, durch die Wurzeln aus dem Boden aufgenommenen Rohstoffe durch den Stamm in die Blätter emporsteigen, um dort, im Verein mit den, durch letztere aus der Atmosphäre aufgenommenen Rohstoffen, zu Bildungssaft verarbeitet zu werden.

Ich habe an einem anderen Orte gezeigt, dass nur in den ächten Holzfasern des Holzkörpers die flüssige Bodennahrung zu den Blättern emporsteige, dass das ganze Rinde-, Mark- und Markstrahlen-System, dass im Holzkörper die Spiralgefässe, die Holzröhren und die Zellfasern bei der Aufwärtsleitung der Säfte unbetheiligt sind (Bot. Zeit. 1853, S. 311).

Welches in den Blättern die Vorgänge der Umbildung des rohen Nahrungsstoffs zu Bildungssaft sind, das wissen wir nicht; wir wissen nur: dass die Blätter im Lichte Wassergas und Sauerstoffgas aushauchen und schliessen daraus auf Condensirung der Flüssigkeit durch Abscheidung von Wassergas und auf Abscheidung von Sauerstoff aus der Kohlensäure, zur Bildung von Kohlenstoff-Hydraten.

Eben so wenig wissen wir was der Bildungssaft sei, woraus er bestehe. Wir erschliessen ihn nur und definiren ihn als die erste Umbildungsstufe der vereinten Rohstoffe, als flüssiges Substrat aller späteren, aus seiner weiteren Umwandlung hervorgehenden Bildungen des Pflanzenkörpers. Es ist mir wahrscheinlicher, dass

er von Ptychoderaum zu Ptychoderaum, als dass er von Zellraum zu Zellraum wandre (§. 30), dass wir ihn daher in ersterem zu suchen haben.

Um aus den ausgebildeten Blättern einer, der Samenlappen beraubten Keimpflanze in die Triebspitze mit unreifer Belaubung zu gelangen, muss der Bildungssaft aufsteigend sich fortbewegen, um, von den Blättern aus, in Stamm und Wurzel zu gelangen muss er in die tieferen Baumtheile zurücksinken. Um aus dem Samenkorne zum wachsenden Stengel- und Wurzeltriebe, um aus Wurzel und Stamm zur Triebknospe und zum Wurzeltriebe zu gelangen, bedarf es ebenfalls einer auf- und absteigenden Fortbewegung des wiederhergestellten Bildungssafts.

Wo Wurzel- und Stengeltriebe sich gleichzeitig entwickeln, muss auch die auf- und absteigende Fortbewegung des Bildungssafts eine gleichzeitige sein.

Dass die Wege, welche der Bildungssaft in auf- und in absteigender Richtung wandelt, sowohl im Holze als im Baste zu suchen seien, glaubte ich früher annehmen zu müssen, gestützt auf die Thatsache des Vorkommens, aus Bildungssaft entstandener Reservestoffe im Holzkörper des Stammes sowohl, wie der Wurzel. Neuere, umfassendere Versuche über die Folgen des Ringelschnittes an Bäumen, haben mich indessen überzeugt, dass nur das teliencbymatische Fasergewebe der Bastschichten die auf- und absteigende Fortbewegung des in den Blättern bereiteten Bildungssafts vermittle. Wird durch den Ringelschnitt die Bastverbindung tieferer Baumtheile mit den Blättern dauernd unterbrochen, so bleibt dem, durch den Ringelschnitt entblössten Holzkörper die Leitungsfähigkeit in aufsteigender Richtung, für die, durch die Wurzeln aus dem Boden aufgenommene, rohe Nahrungsflüssigkeit noch viele Jahre, und zwar so lange, bis der entblösste Theil des Holzkörpers, von aussen nach innen fortschreitend, bis zum Marke ausgetrocknet ist, bis in der entrindeten Querfläche die Holzfasern gänzlich abgestorben sind. An starken Bäumen vergehen darüber oft 8—10 und mehr Jahre, in welchem Zeitraume die über der Ringwunde befindlichen Baumtheile alljährlich den normalen, wenn auch allmählig verringerten Zuwachs an Blüthen, Blättern, Trieben und Holzlagen, und, bis zur oberen Grenze der Ringwunde, auch die gewöhnliche, sogar gesteigerte Ablagerung von Reservestoffen entwickeln. Dagegen hört die Entwickelung neuer Reservestoffe in allen unter der Ringwunde befindlichen Baumtheilen vom Jahre des Ringelschnitts ab, es hört der Zuwachs an Holz im zweiten oder dritten Jahre nach der Verwundung auf, dann nämlich, wenn die, aus der Zeit unverletzten Zustandes stammenden, in der Wurzel abgelagerten Reservestoffe consumirt sind *). Besässe der Holzkörper das Vermögen Bildungssäfte abwärts zu leiten, so würde diese Rückleitung in die, unter der Ringwunde befindlichen Baumtheile, auch nach der Ringelung eben so fortdauern wie die aufsteigende Fortbewegung des rohen Nahrungssafts in der That fortdauert. Wenn dies nun nicht der Fall ist, so berechtigt das zu der Annahme: dass die auf- und absteigende Fortbewegung der Bildungssäfte auf die Bastschicht beschränkt sei und dass, wenn wir Reservestoffe in Holz, Mark und Rinde demohnerachtet vorfinden, das Material für die Herausbildung derselben aus den, in gleicher Querfläche liegenden Bastschichten stamme und im Holzkörper, durch die Markstrahlen, einer anderen Fortbewegung als in dieser Horizontalebene nicht fähig sei.

In neuerer Zeit bin ich sogar zweifelhaft geworden, ob der, durch Auflösung von Reservestoffen im Frühsafte der Bäume entstehende Bildungssaft mit dem Holzsafte aufsteige, oder ob auch diesem Bildungssafte nur eine Wanderung in der Querfläche des Holzkörpers zuzuschreiben sei, der eine Wiederaufnahme und aufwärts gerichtete Fortleitung durch das teliencbymatische Fasergewebe folge; ob nicht derselbe Weg, welchen der Bildungssaft einschlägt um aus den Blättern in den Holzkörper zu gelangen und dort sich als Reservestoff abzulagern, zugleich auch der Rückweg sei, auf welchem die, aus letzterem wiederhergestellten Bildungssäfte den Knospen zugeführt werden. Es ist wenigstens sehr auffallend, dass die Wiederauflösung der Reservestoffe im aufsteigenden Holzsafte des Frühjahrs stets gleichen Schritt hält mit der Jahrringbildung, die in der Regel in der Spitze des Baumes beginnt und sich langsam nach der Wurzel zu fortsetzt, so dass in letzterer oft noch im Monat August die Bildung einer neuen Holzschicht nicht begonnen hat, in welchem Falle dann aber auch noch der volle Gehalt an Reservestoffen in ihr vorhanden ist, obgleich schon vom März an, also seit fünf Monaten, die stärkemehlhaltigen Wurzelzellen der Säfteleitung aus dem Boden in die Blätter gedient haben. (S. Allgem. Forst- und Jagd-Zeitung, Augustheft 1857.)

*) Dass der Zeitraum fortdauernden Zuwachses aus Reservestoffen an Nadelholzstöcken unter Umständen ein viel längerer sein könne, habe ich an drei gleichzeitig gefällten Lärchenstöcken nachgewiesen, den einzigen Bäumen dieser Art in meilenweitem Umkreise, deren Holzzuwachs an den stehengebliebenen Stöcken noch 12 Jahre nach der Fällung fortdauerte. (Allgem. Forst- und Jagd-Zeitung, Märzheft 1844.)

Durch die Tipfelkanäle von Zelle zu Zelle wandernd, aus den Blättern in die tieferen Pflanzentheile zurückkehrend, von dem, die Rückleitung in Zweigen, Aesten, Stamm und Wurzel vermittelnden, telienchymatischen Fasergewebe der Bastlagen aus, in der Querfläche jedes Pflanzentheils und nur in dieser sich verbreitend, tritt der Bildungssaft mit dem Zellkerne des Ptychoderaums in unmittelbare Berührung, der aus ihm sich ernährt und durch ihn wächst, aus ihm den Physalidensaft entnimmt, welcher letztere auf eine oder die andere Weise, entweder durch Monophysaliden- oder Makrophysalidenbildung zum Safte des inneren Zellraums wird (§. 12, 14). Die allerdings isolirt stehende Ansicht: dass der Saft des inneren Zellraums aus dem Ptychodesafte stamme, daher einer höhern Entwickelungsstufe angehöre, findet ihre wichtigste Stütze in der Thatsache häufig erkennbarer Verschiedenheit dieses Saftes selbst in Nachbarzellen, während der Saft des Ptychoderaumes in allen Zellen von gleicher Beschaffenheit zu sein scheint.

Wie aus dem, durch den Bildungssaft ernährten, wachsenden und sich regenerirenden Zellkerne nicht allein neue Zellen direct oder indirect, sondern auch alle die verschiedenen, organisirten Körper der Einzelzelle, wie Cellulosekörper und Saftbläschen, Chlorophyll-, Stärkemehl- und Klebermehlkörnchen aus ihm hervorgehen, das habe ich theils im ersten Theile dieser Schrift bereits erörtert, theils komme ich in nachfolgenden, speciellen Beobachtungsreihen darauf zurück.

DRITTER ABSCHNITT.

Entstehung, Ausbildung und Stoffwandlung der Reservestoffe während des Reifens und Keimens.

§. 72. Reifen, in dem hier beschränkten Sinne, ist die Herausbildung der, dem Samenkorne von der Mutterpflanze zugeführten Bildungssäfte in Reservestoffe. Keimen ist die rückschreitende Umbildung der Reservestoffe zu Bildungssaft.

Die ersten Stufen der Umbildung des von Zelle zu Zelle wandernden Bildungssafts scheinen überall dieselben zu sein. Wir kennen wenigstens keine Unterschiede in Beschaffenheit und Eigenschaften weder des Ptychodesaftes, noch des, aus diesem zunächst heranwachsenden Kernstoffs der Zellkerne. In den verschiedensten Zellenarten der verschiedensten Pflanzen, welche Beobachtungen dieser Art zugänglich sind, habe ich stets ein gleiches, optisches sowohl wie reactives Verhalten dieser beiden näheren Pflanzenstoffe beobachtet.

Der Kernstoff des Zellkerns besteht aus körnigen und bläschenförmigen, hüllhäutigen Gebilden, und diese, im Ptychoderaume sich vertheilenden Mikrophysalide sind es, in deren Innerem sich die Ansammlung und Umbildung fester Stoffe fortsetzt. Sie verwachsen entweder selbst zum Astathebande der Zellwand, während ihr Inhalt zu Zellstoff (Cellulose) sich umbildet, oder sie bleiben für immer voneinander getrennt, und bilden im eigenen Ptychoderaume Chlorophyll, Stärkemehl oder Klebermehl und fettes Oel als Reservestoffe aus, theils unmittelbar und bleibend bis zur endlichen Rückbildung in flüssigen Bildungssaft, theils durch Stoffwandlung, die eine Form des Reservestoffs aus der anderen entwickelnd, aus Chlorogen in Chlorophyll, aus Chlorophyll in Stärkemehl, aus Stärkemehl in Klebermehl übergehend.

Auch der Keimungsprocess, die Rückbildung der Reservestoffe in Bildungssaft, ist nicht immer eine einfache Auflösung des Organisirten und Umbildung der formlosen Lösung; es geht ihr häufig eine Rückbildung des Klebermehls in Stärkemehl, des Stärkemehls in Chlorophyll und Chlorogen voran oder doch zur Seite, und diese Vorgänge der Bildung, Umbildung und Rückbildung des selben Organismus, die Wandlung des selben Chlorophyllkornes in ein Stärkemehlkorn, des selben Stärkemehlkornes in ein Kleberkorn und umgekehrt sind es, die ich in Nachfolgendem durch eine Reihefolge von Beobachtungen näher darlegen werde.

Im vorhergehenden Abschnitte habe ich gezeigt, dass das Reifen und Keimen der mehrjährigen Pflanzen sich alljährlich erneuere mit gleichen, oder doch sehr ähnlichen Stoffen und Erscheinungen wie im Samenkorne. In Nachfolgendem beschränke ich jedoch meine Mittheilungen auf die im Samenkorne eintretenden Erscheinungen dieser Art und werde die jährliche Erneuerung des Reifens und Keimens der älteren Pflanze in der Arbeit „Ueber Knospenleben" näher behandeln. An demselben Orte werde ich auch über die Zellstoffbildung als Reservematerial die näheren Mittheilungen geben, so weit sie nicht hier schon in die Entwickelungsgeschichte verschiedener Sämereien fallen, da ohne tieferes, durch ausführlichere Zeichnungen belegtes Eingehen in die anatomischen Verhältnisse der Zellwand, in diesen Mittheilungen Vieles unklar bleiben würde.

Das Nachfolgende beschränkt sich daher auf Darlegung der Bildung und Umbildung derjenigen organisirten Körper des Ptychoderaumes, die wir als Chlorogen, Chlorophyll, Stärkemehl, Klebermehl näher kennen lernen werden.

A. Die Kernstoffkörper des Zellkerns erleiden nach ihrer Diffusion in den Ptychoderaum keine andere, bemerkbare Veränderung als den Verlust ihrer farbenspeichernden Eigenschaft.

1. Beschreibung der Kernstoffkörper.

§. 73. Dem was ich bereits in §. 8 über diese Bestandtheile des Zellkerns mittheilte, habe ich hier nur wenig hinzuzufügen. Innerhalb des normalen Zellkerns, dessen Hauptmasse die Kernstoffkörper bilden, zeigen sich letztere, in Objecten die der Beobachtung günstig sind, als polyedrisch geformte Körper (Taf. II, Fig. 9—12 aus dem Endosperm des Kürbissamens, Taf. I, Fig. 28—30 aus dem Endosperm von Phaseolus, Taf. II, Fig. 34—39 aus dem Endosperm von Amygdalus communis), die aber zu Kügelchen sich abrunden, wenn, durch Druck oder vermittelst der Präparirnadel, die Hüllhaut des Zellkerns zerstört wird (Taf. II, Fig. 12 links, Fig. 39), daher die polyedrische Form sicher nur auf gegenseitiger Pressung der Körper beruht.

Der wesentlichste Charakter der Kernstoffkörper, der nur in den Kernkörperchen in noch höherem Grade hervortritt, liegt in der energischen Stoffspeicherung. Sie nehmen aus Farbstofflösungen die Farbe in sich auf, lange vorher ehe ein anderer Zellentheil gefärbt wird, wenn dies letztere überhaupt der Fall ist. In Wasser und in salpetersaurem Quecksilber sind sie unlöslich (relativ) und werden durch letzteres schwach ziegelroth gefärbt, Jodlösung färbt sie braungelb; in Säuren und Alkalien lösen sie sich, ohne bemerkbare Expansionserscheinungen. Sehr wahrscheinlich bestehen sie daher aus stickstoffhaltigem, dem Eiweiss verwandten Stoffe, vielleicht dem Klebermehle nahe stehend, da sie, wie dieses, in ihrer Vereinigung zum Zellkerne mitunter Flächenkörper bilden (Taf. III, Fig. 18 a b aus dem Endosperm von Lupinus). Näheres über ihre elementare Zusammensetzung wissen wir nicht, da uns die Mittel fehlen, für die Analyse genügende Mengen dieser Körper zu isoliren.

Ueber die Gründe, welche mich bestimmen das Vorhandensein einer Hüllhaut im Umfange jedes einzelnen Kernstoffkörperchens anzunehmen, habe ich bereits S. 7 gesprochen. Abgesehen von den allerdings beschränkten Fällen einer Möglichkeit unmittelbarer Wahrnehmung, weise ich besonders hin auf die Umwandlung der Kernstoffkörper in unzweifelhaft hüllhäutige Gebilde, noch innerhalb der Hüllhaut des Zellkerns: in Chlorophyllkörnchen, Stärkemehl, Klebermehl (Taf. II, Fig. 36, 38; Taf. III, Fig. 1, 2, Fig. 12 b, 13 f; Taf. IV, Fig. 6 d). Dass letztere unmittelbar aus den Kernstoffkörpern durch Stoffwandlung sich bilden, ist keinem Zweifel unterworfen, ein Unterschied besteht nur darin, dass hier die Stoffwandlung schon im Zellkerne geschieht, während sie in der Mehrzahl der Fälle erst nach der Diffusion der Kernstoffkörperchen in den Ptychoderaum eintritt. Unter diesen Umständen erscheint es mir viel wahrscheinlicher, dass die Hüllhaut schon am Kernstoffkörperchen vorgebildet sei, als dass sie erst mit der Stoffwandlung entstehe.

Dass die Kernstoffkörperchen bisweilen das Ansehen kleiner Zellkerne besitzen, durch ein in ihnen lagerndes, den Kernkörperchen ähnliches Körnchen, zeigt Taf. II, Fig. 39 aus dem Endosperm von Amygdalus. Fig. 13, Taf. II kann so gedeutet werden, als hätten sich die Kernstoffkörperchen hier wirklich zu den traubig gruppirten Zellkernen umgebildet, wenn es nicht das verästelte Kernkörperchen (Taf. II, Fig. 10) ist, aus dem sie unter Resorbtion der Kernstoffkörper entstanden sind, was ich bis jetzt noch nicht zu entscheiden wage.

Die Veränderungen, welche die Kernstoffkörper erleiden, sind sehr mannigfaltig und selbst in demselben Zellkerne gleichzeitig verschiedener Art. Wir sahen, wie nur eins derselben zum Monophysalid, wie mehrere zu Makrophysaliden sich entwickeln (§. 12, Taf. I, Fig. 17, 58, 59; §. 14, Taf. I, Fig. 21, 64, 65), während die Mehrzahl der Kernstoffkörperchen noch in ihrem ursprünglichen Zustande verharrt, bis endlich auch diese aus ihrer gegenseitigen Verbindung treten und sich im Ptychoderaume vertheilen. Hier verharren sie entweder in ihrem ursprünglichen, körnigen Zustande, oder sie bilden sich zu Saftbläschen geringer Grösse aus (§. 13, S. 12). Sowohl Körnchen als Bläschen erleiden alsdann mannigfaltige, stoffliche Veränderungen ihres Inhalts unter fortdauerndem Wachsthum, häufig verbunden mit einer Vermehrung ihrer Zahl durch Selbsttheilung.

Die farbenspeichernde Eigenschaft der Kernstoffkörper erhält sich nur ausnahmsweise noch einige Zeit nach der Trennung vom Zellkerne, ihre Umbildung in Zellstoffkörper oder in Chlorophyllkörner erfolgt meist sehr rasch nach ihrer Trennung vom Zellkerne, oft geht sie schon innerhalb der Hüllhaut desselben vor. Deshalb darf man diese Körper aber nicht farbloses Chlorophyll nennen, denn der, durch Alkohol oder Aether entfärbte Träger des grünen Farbstoffs speichert nie Farben. Sie sind eben so wenig Chlorophyll als sie Stärkemehl oder Klebermehl oder Cellulose sind, Stoffe, in die sie häufig ebenso unmittelbar sich verwandeln als in Chlorophyll. Vorherrschend ist allerdings die Umwandlung zunächst in letzteres, und aus diesem Grunde nannte ich sie Chlorogen.

Die mir bis jetzt bekannt gewordenen, stofflichen Veränderungen der, im Ptychoderaume vertheilten Kernstoffkörper sind folgende:

1. Verwachsung der Kernstoffkörper zum Astathebande der Zellwandung und Stoffwandlung in Cellulose (Taf. II, Fig. 45, 46, S. 35), oder in stellvertretende Stoffe wie Schleim, Gummi, Gerbstoff (S. 37—39).

2. Verlust der farbenspeichernden Eigenschaft bis zu endlicher Resorbtion: in den Endospermzellen der Kürbisse, Bohnen, Pflaumen etc. (Taf. II, Fig. 19—26, S. 55—57).

3. Verwandlung in Chlorophyllkörnchen oder Bläschen (Taf. III, Fig. 1, 7; Taf. I, Fig. 18—21, Fig. 18—15, §. 75).

4. Verwandlung in Inulin-Körnchen (bis jetzt im Samen nicht aufgefunden. (S. die Note zu „Einschlüsse des Klebermehls" §. 97.)

5. Verwandlung in Stärkemehl (Taf. III, Fig. 2, 10, Fig. 13 f, 17, §. 86).

6. Verwandlung in Klebermehl (Taf. IV, Fig. 1 a—d, §. 100).

Das in den einen oder den anderen der genannten Körper umgewandelte Kernstoffkörperchen bleibt entweder bis zu seiner Wiederauflösung auf dieser ersten Umwandlungsstufe stehen, oder es geht aus ihr in andere Zustände über. Ich werde nachfolgend Entwickelungsfolgen beschreiben, in welchen das Kernstoffkörperchen zum Chlorophyllkörnchen, dieses zum Stärkemehlkorne, letzteres zum Kleberkorne sich umbildet, in welchen beim Keimungsprocesse dieselbe Stoffwandlung in umgekehrter Reihefolge stattfindet. Diesen Stoffwechsel desselben Organismus, in welchem letzterer in seinen elementaren Bestandtheilen ein durchaus veränderter Körper wird, mit Ausschluss der häutigen, unverändert bleibenden Bestandtheile, werden die nachfolgend geschilderten Entwickelungsfolgen näher darlegen.

2. Entwickelungsfolgen.

§. 74. Ich habe nachgewiesen und durch die Figuren Taf. I, 8, 9, 66, 67 erläutert, dass die Zellkerne des Keimsäckchens von Lupinus und Tropaeolum grösstentheils resorbirt werden, sobald der Embryo so weit herangewachsen ist, dass dessen Samenlappen die Eihöhlung vollkommen ausfüllen (S. 52, 53). In diesem Falle verharren die Kernstoffkörperchen, innerhalb des Zellkerns, bis zu ihrer Wiederauflösung in einem und demselben unveränderten Zustande.

Ein etwas anderes Verhalten tritt da ein, wo die Zellkerne des Keimsäckchens sich zu einem solchen Endosperm ausbilden, dessen Existenz eine rasch vorübergehende ist, durch eintretende Resorbtion mit fortschreitender Ausbildung der Samenlappen. Das, zu bedeutendem Volumen heranwachsende Endosperm der Cucurbitaceen, der Amygdaleen, der Corylaceen, Juglandineen und vieler anderer Pflanzen, bildet im unreifen Samenkorne einen, dem unbewaffneten Auge als eine glashelle Gallerte erscheinenden Körper, der in dem Maasse verschwindet als die Samenlappen heranwachsen und den, vom gallertähnlichen Endosperm erfüllten Raum für

sich in Anspruch nehmen. Dies allmählige Verschwinden beruht auf vollständiger Wiederauflösung der Endospermzellen und ihres Inhaltes an Körnchen und Bläschen. Sehr wahrscheinlich wird die dadurch wiederhergestellte Menge flüssigen Bildungsstoffs von den Samenlappen des Embryo aufgesogen und zum Wachsthum desselben verwendet.

Endospermzellen dieser Art habe ich Taf. II, Fig. 14—26 aus dem Samen der Cucurbitaceen dargestellt. Sie enthalten den gewöhnlichen, farbenspeichernden, theils centralen, theils wandständigen Zellkern. Von ihm aus findet, hier wie überall, Diffusion von Mikrophysaliden und deren Verbreitung im Ptychoderaume statt, wenn auch nur in spärlicher Menge. Diese Mikrophysalide lassen einen, auf das Vorhandensein eines Ptychoderaums hindeutenden, mehr oder weniger verbreiteten, farbenspeichernden Rand nur in den ersten Momenten ihrer Trennung vom Zellkerne erkennen, wie dies Taf. II, Fig. 12 zeigt. Sind sie erst in den Ptychoderaum übergegangen, so nehmen sie Farbstoffe nicht mehr auf, sie erscheinen ungefärbt, etwas getrübt, theils als Körnchen, theils aber auch als Bläschen, und werden von Jodlösung braun, aber von salpetersaurem Quecksilberoxyd nicht ziegelroth gefärbt. Eine stoffliche Veränderung ist mit ihnen vorgegangen, das beweist der Verlust farbenspeichernder Eigenschaft, welches aber diese Veränderung sei, werden wir nicht eher erfahren, ehe wir nicht für sie ein geeignetes Reagens gefunden haben. Einstweilen wird man diese Gebilde noch als Chlorogen-Physalide bezeichnen können. In der That zeigt sich mitunter ein leichter, grünlicher Schein an ihnen, besonders in den Endospermzellen der Amygdaleen, hindeutend auf ihre Neigung zur Chlorophyllbildung.

B. Die Kernstoffkörper des Zellkerns verwandeln sich unmittelbar in Chlorophyllkörper.

1. Beschreibung des Chlorophyll.

§. 75. Mit dem Namen Chlorophyll, Blattgrün, bezeichnet man grün gefärbte, solide Kügelchen oder Bläschen im Innern der Pflanzenzellen. Mit seltenen Ausnahmen (Klebermehl) sind sie allein Träger der grünen Farbe im Pflanzenreiche, woraus ihre grosse Verbreitung erhellet. Im körnigen Zustande erreichen sie nie die Grösse auch nur mittelgrosser Stärkemehl- oder Klebermehlkörnchen, ihr Durchmesser übersteigt selten $^{1}/_{300}'''$; die grosse Zahl, in der sie vorkommen, ersetzt ihre geringe Grösse.

Die in der Wissenschaft zur Zeit herrschende Ansicht über Entstehung des Chlorophyll ist im Wesentlichen folgende: Aus dem Protoblasma scheidet sich ein consistenter, eiweissartiger Stoff schichtenweise auf die Innenfläche des Primordialschlauches aus, und erhält durch geringe Mengen eines Farbstoffs später die grüne Färbung. Dieser consistente, grüne Stoff ballt sich darauf zu Körnern und bildet dadurch die Chlorophyllkörner. Die Umbildung der Körner in Bläschen ist eine anomale Erscheinung, hervorgerufen durch Berührung des Chlorophyll mit Wasser, das, vom formlosen oder gekörnelten Chlorophyll aufgesogen, sich nicht gleichmässig in die Substanz desselben vertheilt, sondern (in Folge einer, für diesen Fall ganz besonders erdachten, anomalen Eigenschaft der Substanz) sich in Tropfen ausscheidet, wodurch mit Wasser erfüllte Räume (Vacuolen) entstehen, die, mit der sie einschliessenden Chlorophyllschicht, das Chlorophyllbläschen bilden, dessen Aussenfläche durch Berührung mit dem umgebenden Wasser (ebenfalls wieder in Folge einer anomalen Eigenschaft der Substanz) zu einer Haut (pellicula) erstarrt, die, stofflich von der Unterlage nicht verschieden, zu vergleichen ist mit der häutigen Erstarrungsschicht, die sich z. B. über trocknendem Firniss bildet. (v. Mohl, Bot. Zeit. 1855, S. 89.)

Dass auch die Chlorophyllkörper, wenigstens in sehr vielen Fällen nachweisbar, aus einer Stoffwandlung der Kernstoffkörper des Zellkerns hervorgehen, im Ptychoderaume durch Selbsttheilung sich vermehrend, dass sie, so viel ich weiss, nicht primitiver Bildung sind, dafür spricht ihr, in vielen Fällen nachweisbares Vorkommen innerhalb der Hüllhaut des in Form und Grösse unveränderten Zellkerns. Taf. II, Fig. 36 zeigt einen solchen Zellkern aus dem Endosperm der Amygdaleen; Taf. III, Fig. 1 aus dem Fruchtfleische der Weinbeere; Taf. III, Fig. 37 a, Fig. 39 aus Nuphar gehören hierher. Ihre Ablösung vom Zellkerne, in noch unveränderter Form der Kernstoffkörper, aber mit bereits grüner Farbe, während die übrigen, untereinander noch verbundenen Kernstoffkörper ungefärbt sind und Farben speichern, zeigt Taf. IV, Fig. 22 a aus den ausgewachsenen aber noch lebhaft grünen Samenlappen von Lupinus albus. (Das Nähere über diese und vorgenannte Abbildungen ist in den betreffenden Entwickelungsfolgen enthalten.)

Die Umbildung der Chlorogenkörper des Zellkerns in Chlorophyllkörper ist ein, in allen dem Lichte zu-

gänglichen Pflanzentheilen sehr häufiger Vorgang, keineswegs aber auf diese beschränkt, denn auch im Marke älterer Triebe, in dickschaligen, in grosse Früchte eingeschlossenen Sämereien, selbst im Zellgewebe einiger Wurzelrinden bildet sich Chlorophyll, obgleich nicht zu leugnen ist, dass das Licht in anderen Fällen einen wesentlichen Einfluss auf die Entwickelung dieses Stoffs äussert, denn die bleiche Farbe in dunklen Kellern wachsender Pflanzen rührt ohne Zweifel von einer, durch Lichtentziehung mangelhaften Ausbildung des Grünstoffs her.

Auch im unreifen Samenkorne tritt Chlorophyllbildung sehr häufig auf, ist hier aber stets (?) vorübergehend, wie uns dies die grünen Samenlappen der Leguminosen am deutlichsten zeigen, die, gegen die Reifezeit hin ihre grüne Farbe verlieren, sie mögen stärkemehl- oder klebermehlhaltig sein.

In der Mehrzahl der Fälle verharrt das Chlorophyllkorn für immer im körnigen Zustande; in anderen Fällen verwandelt es sich zu Saftbläschen in derselben Weise wie die Kernstoffkörper, worüber ich §. 13, S. 12 bereits meine Ansichten mitgetheilt habe.

Allerdings lässt sich eine stoffliche Verschiedenheit der Hüllhäute am Chlorophyllkorne nicht nachweisen, in Folge geringer Grösse und grosser Indifferenz des Inhaltes der Chlorophyllkörner gegen chemische Agentien, und wenn ich dieselben betrachte als der Zelle untergeordnete, nackte Ptychodeschläuche, deren Ptychoderaum bis zum Schwinden des Innenraums mit der Chlorophyllsubstanz erfüllt ist, so beruht dies mehr auf Schlüssen aus der Entwickelungsgeschichte, als auf directen Beobachtungen am Korne selbst.

Die Substanz des Chlorophyllkorns ist zusammengesetzt aus einem, in Aether löslichen und durch Aether ausziehbaren, gefärbten Stoffe, und aus dem in Aether unlöslichen Träger des gefärbten Stoffs.

Schneidet man aus der grünen Spitze 3—4 Zoll hoher Roggenpflänzchen dünne Querscheiben, bringt man diese unter Deckglas in Wasser, so sieht man die Zellen erfüllt mit grünen Chlorophyllkörnchen. Lässt man anstatt des Wassers einige Tropfen Aether zu den Scheibenschnitten sich hinziehen, so entfärben sich die Chlorophyllkörnchen sehr rasch, ohne selbst aufgelöst oder auch nur in ihrer Grösse oder Form verändert zu werden. Mit dem Verdunsten des Aethers bleibt der extrahirte, gefärbte Stoff an den Rändern des Deckglases zurück. Damit ist die Scheidung des Farbstoffs von dem, im Zellgewebe zurückbleibenden Träger desselben bewirkt.

Die äussere Zellgewebsschicht der Samenlappen mehrerer Pflanzen wird beim Keimen im Lichte nicht sofort grün, sondern vorübergehend blau oder roth gefärbt. Dahin gehören z. B. Sinapis, mehrere Arten der Gattung Lupinus wie Lup. venustus, pubescens etc. Auch hier beruht die rothe oder blaue Farbe auf einem, durch Aether ausziehbaren, das Chlorophyllkorn durchdringenden Stoffe. Da letzterer wahrscheinlich nur eine Abänderung des grün gefärbten Stoffes im Chlorophyllkorne ist, der z. B. bei Keimpflänzchen von Sinapis alba das Chlorophyllkorn tiefer liegender Zellgewebsschichten durchdringt, auch sehr bald an die Stelle des blauen Chlorophyll tritt, so ist es auffallend, dass beim Verdunsten des Alkoholextracts der grüne und der rothe Stoff sich nicht mengen, sondern voneinander getrennt zurückbleiben. Scheibenschnitte in Glycer zeigen die blau gefärbten Körnchen sehr schön, die hier unmittelbar aus einer Umbildung des Klebermehls hervorgehen.

Dass der grüne Aetherextract aus Wachs (C^{15} H^{15} O) und aus Chlorophyll (C^{18} H^{9} NO^{8}), einem dem Indigo verwandten Stoffe bestehe, ist aus zahlreichen Analysen bekannt.

Verwahrt man unreife, noch lebhaft grüne Samenlappen der Lupine einige Wochen in wasserfreiem Alkohol, so klärt sich die bis dahin grüne Flüssigkeit, während der grüne Farbstoff an den Wänden des Glases und auf der Oberfläche der Samenlappen in kleinen (krystallinischen?) Kügelchen anschiesst, denen die grüne Farbe durch Aether entzogen werden kann, ohne dass die Kügelchen selbst aufgelöst oder in ihrer Form verändert werden.

Was den, in Grösse und Form im Zellgewebe unverändert zurückbleibenden, entfärbten Träger betrifft, so erscheint er als eine solide, körnige, scharf begrenzte Masse, deren Grösse und Form, wie die des Stärkemehls, des Klebermehls, des Zellkerns, in derselben Zelle und in denselben Zellsystemen innerhalb gewisser Grenzen übereinstimmend und constant ist, abweichend in Form- und Grössecharakteren desselben Körpers aus anderen Zellen, anderen Pflanzentheilen und anderen Pflanzen. Das Verhalten des Trägers zu Reagentien ist dem des Wandungsstoffs (Cellulose) der Zelle nahe stehend, wenigstens ist er eben so indifferent gegen dieselben. Bei einem Grade der Einwirkung von Schwefelsäure und Jod, welcher die Zellwandung blau färbt, erhält sich das Chlorophyllkorn noch unverändert, und selbst wenn durch die Säure die Zellwand gelöst und die

Ptychodeschläuche isolirt sind, erkennt man noch sehr gut die in Grösse unveränderten Körnchen. Etwas leichter zerstörbar durch Schwefelsäure, aber immer noch eben so widerstandskräftig als die Cellulose der Wandungen, zeigt sich das Chlorophyllkorn nach Entfernung des grünen Farbstoffs durch Alkohol und Aether. Gegen salpetersaures Quecksilberoxyd und kaustische Alkalien ist es wenig empfindlich und unterscheidet sich dadurch vom Stärkemehl, es löst sich nicht in Wasser und unterscheidet sich dadurch vom Klebermehl, es speichert keine Farbstoffe und unterscheidet sich dadurch vom Chlorogenkörper des Zellkerns, dem es jedoch am nächsten steht, unzweifelhaft unmittelbar aus ihm hervorgehend, wie dies am Bestimmtesten einige Conferven mit sehr grobkörnigem Chlorophyll: Hydrodictyon, Vaucheria, Conferva glomerata und die Charen zeigen, deren junge, noch ungefärbte Chlorophyllkörner, wie der Zellkern, lebhaft Farben speichern, und dies, wie die bleibend braune Färbung durch Jodlösung, spricht für Stickstoffgehalt dieses Körpers.

Nicht immer ist die Färbung des Trägers grün. Besonders in Früchten ändert die Farbe häufig in Roth, Blau, Gelb, so z. B. im Fruchtfleische von Lonicera, Asparagus, Berberis, Rubus, Cucurbita (vergl. Leben der Pflanzenzelle Taf. I, Fig. 17).

Eine Fortbildung der Chlorophyll-Physalide zu Wandungszellen findet bei mehreren Zellenpflanzen, besonders häufig bei Wasseralgen statt, wo aus ihnen die Schwärmsporen entstehen (Cladophora, Achlya, Ulotrix). Den merkwürdigsten Fall bietet Hydrodictyon, deren, in der ausgebildeten Zelle des Netzes dicht aneinander liegende Chlorophyllkörper zur Zeit der Fortpflanzung in eine wimmelnde Bewegung gerathen, die nur wenige Minuten anhält, worauf sie, ohne den Ptychodeschlauch zu verlassen, sich gegenseitig zu jenem, der Pflanze eigenthümlichen, maschigen Netzwerke verbinden*). Ist dies geschehen, so lösen sich die zelligen Glieder der Mutterpflanze und jedes Glied wird zu einer neuen Pflanze, durch Resorbtion aller Zellentheile bis auf die netzartig verbundenen Chlorophyll-Physalide, deren jeder zur Wandungszelle sich ausbildet, ohne sich aus der netzförmigen Verbindung mit den Nachbarzellen zn trennen (Bot. Zeit. 1846, S. 193).

Formloses Chlorophyll ist mir bis jetzt nicht vorgekommen. In den Spirogyren und Zygnaemen, in denen es Streifen und Bänder bilden soll, ist es mir bis jetzt immer noch geglückt, durch Zerreissung der Zellen vermittelst der Präparirnadel, die scheinbar formlose, grüne Substanz, vom Drucke der beiden Ptychodehäute auf sie befreit, in die Form von Physaliden umzuwandeln und ich meine: dass in allen Fällen, in denen man in der unverletzten Zelle die Körner- oder Bläschenform des Chlorophyll nicht deutlich erkennt, dies Folge einer, auf Turgescenz der Säfte des innern Zellraums beruhenden Compression des Ptychoderaums und der darin enthaltenen Physalide ist (Bot. Zeit. 1855, S. 411, Taf. IV, Fig. II 1—6). Eben so wenig vermag ich eine Anheftung der Chlorophyllkörper an die äussere Ptychodehaut zu bestätigen. Wo dieselben der Ptychoide fest anliegen, mitunter in regelmässiger Anordnung, da liegt die Ursache ebenfalls in dem Vorhandensein einer inneren Haut und in dem, durch den Zellsaft ausgeübten Drucke derselben auf die Chlorophyllschicht, wie in der Vereinigung der Chlorophyll-Physalide zu Brutbeuteln. (Ebendaselbst.)

Bekannt ist die Entstehung und Ausbildung von Stärkekörnchen im Innern der Chlorophyllkörnchen. Taf. III, Fig. 9 a—f, Fig. 20 a—g; Taf. IV, Fig. 13, Fig. 22 c d geben Entwickelungsfolgen, über die ich beim Stärkemehl ausführlich sprechen werde (§. 86, 87). Eine unmittelbare Umwandlung der Chlorophyll- in Kleberkörnchen kommt zwar vor, z. B. in den Samenlappen von Vitis, es geschieht dies aber in einem so frühen Entwickelungszustande, dass sich etwas Näheres hierüber bis jetzt nicht sagen lässt; in allen durch Grösse der Objecte dem Beobachter günstigen Fällen sah ich das Chlorophyllkorn erst in Stärkemehl sich umwandeln, und aus letzterem dann erst das Klebermehl entstehen. Auch in der rückschreitenden Metamorphose, während des Keimens, verwandelt sich das Klebermehl, so weit es nicht unmittelbar verflüssigt wird, zuerst in Stärkemehl, aus dem dann erst Chlorophyll sich bildet (Taf. IV, Fig. 5, 6), es kommen hier aber doch Fälle vor, in welchen man, ohne dazwischentretende Stärkemehlbildung, dem Klebermehle das Chlorophyll unmittelbar folgen sieht, so bei Cucurbita (Taf. IV, Fig. 25, 26, §. 102).

Die physiologische Bedeutung des Chlorophyll ist noch wenig aufgeklärt. Wo es als Uebergangsbildung zum Stärkemehle oder Klebermehle auftritt, mag man es den Reservestoffen zuzählen, obgleich mir kein Fall bekannt ist, in welchem es als Reservestoff deponirt und als Chlorophyll zu Bildungssaft wieder aufgelöst wird.

*) Vollständig habe ich mich überzeugt, dass es die, bis zur Ausbildung der Pflanze in nichts von den gewöhnlichen Chlorophyllkörnchen verschiedenen Körper sind, die sich zum neuen Netze gruppiren und darauf zu Zellen sich umwandeln.

Wo das Chlorophyll als solches bis zu seinem, mit dem Tode der Pflanze oder des Pflanzentheils eintretenden Untergange fortbesteht, da dürfte sein Verhalten zum Lichte auf eine Mitwirkung beim Processe der Umwandlung roher Nährstoffe in Bildungsstoff hindeuten.

2. Entwickelungsfolgen.

§. 76. Für die, an diesem Orte allein zu behandelnden Fälle, in denen das Chlorophyllkorn keine weitere Umbildung erleidet, habe ich bis jetzt in Sämereien kein Beispiel gefunden. Es giebt zwar Samenarten, deren völlig reife Samenlappen grünlich gefärbt sind (Pistacia, Knautia, Rhamnus, mitunter sogar Tropaeolum), allein hier ist entschiedenes Klebermehl Träger des grünen Farbstoffs, der sehr wahrscheinlich auch in seiner chemischen Constitution verschieden vom Farbstoffe des Chlorophyllkorns ist. Ich muss daher, um die Lücke zu füllen, mich an andere Pflanzentheile wenden, und da ist dann die Zelle des Fruchtfleisches von

Vitis vinifera (Taf. III, Fig. 1)

besonders hervorzuheben, weil in ihr das Chlorophyllkorn sich schon im Innern der Hüllhaut des meist centralen Zellkerns ausbildet und von diesem aus in vereinzelten Körnchen, die nur bisweilen in Chlorophyll-Physalide sich verwandeln, durch sehr lange Intracellularkanäle in den Ptychoderaum übergeht.

Wir sehen in Taf. III, Fig. 1 eine einzelne Zelle des Fruchtfleisches der Weinbeere. Zu äusserst die dünne Zellwand, von welcher sich der Ptychodeschlauch mit seinen, im Ptychodesafte schwimmenden, grünen Chlorophyllkörpern nur wenig zurückgezogen hat. Der Ptychoderaum steht durch die Intracellularkanäle mit dem Zellkernbeutel in offener Verbindung. Beide führen, wie der Ptychoderaum, grüne Chlorophyllkörper und man erkennt in unverletzten Zellen leicht das langsame Fortrücken der grünen Körnchen aus dem Zellkernbeutel durch die Intracellularkanäle in den Ptychoderaum, in Folge der, an sich nicht erkennbaren, Strömung des Ptychodesafts. Ich habe hier andere Fortbewegung der grünen Körnchen als eine, vom Zellkernbeutel nach dem Ptychoderaume gerichtete nicht gesehen.

Ausserdem enthält der Zellkernbeutel einen geschlossenen Zellkern, scheinbar dicht erfüllt mit grünen Chlorophyllkörpern, deren polyedrische Form auf gegenseitige Pressung in einem geschlossenen Raume, also auf das Vorhandensein einer Hüllhaut hindeutet. In der Wirklichkeit ist jedoch der Zellkern nicht seiner ganzen Masse nach, sondern es ist nur eine peripherische Schicht desselben von Chlorogenkörpern erfüllt; den Innenraum dieser Schicht nimmt ein neuer, aus dem Kernkörperchen erwachsener Zellkern ein, wie dies Fig. 1 b zeigt, in welcher ich einen centralen Zellkern aus einer anderen Fruchtzelle der Weinbeere dargestellt habe, gegen Fig. 1 mit dem Unterschiede: dass hier, durch allseitige Erweiterung der Hüllhaut des Zellkerns eine Diffusion der Chlorogenkörper stattgefunden hat und letztere in Chlorogen-Physalide umgebildet sind, wodurch der neue Zellkern sichtbar geworden ist.

Der Chlorophyllkörper, wie er Fig. 1 im Ptychoderaume und im Zellkerne lagert, erscheint theilweise als ein solides Körnchen, an dem sich, seiner geringen Grösse wegen, nichts weiter unterscheiden lässt als die grüne Färbung. Grösserentheils erkennt man an den Körnchen einen theils centralen, theils mehr nach dem Umfange hingerückten Schatten, der der Schlagschatten einer inneren Höhlung zu sein scheint. Mitunter zeigen sich zwei solcher Schattenstellen, wie Fig. 7 unter a und b gezeichnet ist.

Uebergangsstufen zwischen a und c, zwischen b und d, die Entwickelung des Chlorophyllkörpers zum Chlorophyll-Physaliden, habe ich direct noch nicht beobachtet. Man darf aber wohl mit grosser Sicherheit annehmen: dass hier ein ähnlicher Vorgang stattfindet wie bei der Bildung eines neuen Ptychodeschlauches aus dem Zellkerne durch den Monophysalid (Taf. I, Fig. 23). Im Innern des Chlorophyllkornes hat sich ein einzelnes Bläschen durch Einsaugung ungefärbter Flüssigkeit im Uebergewicht entwickelt und dadurch ist, unter gleichzeitiger Erweiterung der Hüllhaut, die Masse des grün gefärbten Chlorophyll in einen Theil des Raumes zwischen Monophysalid und Hüllhaut gedrängt.

Demgemäss wäre auch der Mikrophysalid ein nackter Ptychodeschlauch, vom Ptychodeschlauche der Zelle nur durch seine geringe Grösse, durch sein der Zelle untergeordnetes Vorkommen und dadurch unterschieden, dass er nie zur Zellwand sich umbildet, wie ihm denn auch das reproducirende Organ, der Zellkern, fehlt.

Viel bestimmter, wie die Entwickelung des Physalids aus dem Chlorophyllkörper, lässt sich durch alle Uebergangsstufen verfolgen, wie die anfänglich zusammengeflossen erscheinende Masse des, im Ptychoderaume

des Mihrophysalids lagernden Chlorophyll sich zu einer Mehrzahl kleiner, grüner Ballen zusammenzieht, wie dies e und f Taf. III, Fig. 7 darstellt. Es ist mir bis jetzt nicht gelungen, eine bestimmte Ansicht darüber zu gewinnen, ob diese Bildung neuer Chlorophyllkörper im Ptychoderaume des Chlorophyll-Physalids vor sich geht, oder ob sie schon im primitiven Chlorophyllkorne vorgebildet sind. Wir stehen hier an der Grenze unserer jetzigen Wahrnehmungsfähigkeit.

Cucurbita Pepo (Taf. III, Fig. 3—6).

Nächst den Zellen des Fruchtfleisches der Weinbeeren, sind auch die des Fruchtfleisches der Kürbisfrucht besonders lehrreich durch die natürliche Isolirung derselben an den Gefässbündeln, in der Umgebung der Samenkörner, wie durch die aussergewöhnliche Grösse aller Theile. Taf. III, Fig. 3 zeigt eine solche Zelle; zu äusserst die Zellwand mit den Anheftungsstellen zweier Nachbarzellen, darin den doppelhäutigen Ptychodeschlauch mit Chlorophyll-Physaliden in seinem Raume, die sich besonders zahlreich angehäuft haben und ihre Bläschenform durch gegenseitige Pressung weniger deutlich erkennen lassen in der oberen Weitung des Ptychoderaumes, in welcher zugleich der kugelige Zellkern lagert. Die Figuren 4, 5 und 6 stellen in demselben Raume die allmählig fortschreitende Entwickelung von Makrophysaliden zwischen den Chlorophyll-Physaliden dar, wie diese hier ganz besonders klar und überzeugend in verschiedenen Zellen sich zu erkennen giebt. Ich habe darüber bereits §. 14 das Erforderliche gesagt. Diese Figuren sind nur deshalb hierher gestellt, um den Unterschied dieser Zellen von denjenigen derselben Frucht zu zeigen, welche unmittelbar den Faserbündeln anliegen, in denen schon im Innern des Zellkerns theils Chlorophyll, theils Stärkemehl sich ausbildet (Fig. 2); worüber ich sogleich sprechen werde.

Nicht in allen Fällen verwandelt sich das Chlorophyllkorn in den Chlorophyll-Physalid, in der Mehrzahl der Fälle sogar verharrt es für immer in der Körnerform, besonders im Zellgewebe der Blätter. Selbst der Stärkemehlbildung in seinem Innern geht nicht immer die Umbildung in einen Physalid vorher.

C. Die Kernstoffkörper des Zellkerns verwandeln sich unmittelbar in Stärkemehl.

1. Beschreibung des Stärkemehls (Amylon).

a) Chemisches Verhalten.

§. 77. Stärkemehl heisst ein, stets nur im Innern der Pflanzenzellen sich entwickelnder, körniger, hüllhäutiger Körper sehr grosser Verbreitung, der sich, in allen seinen Entwickelungszuständen leicht und sicher zu erkennen giebt durch eine tief-blaue Färbung, die ihm wässrige Jodlösung ertheilt. Nur in einigen Sämereien besitzen auch die Lamellen des Astathebandes der Zellwand dieselbe Eigenschaft (Tamarindus, Schotia, Hymenaea, Mucuna), in einigen anderen Sämereien färbt Jodlösung die Zellwand roth oder braun (Nemophila, Ornithogalum, Yucca, Dianthus etc.); in allen Fällen aber lässt sich diese Reaction der Zellwand auf Jod hervorrufen, wenn diese zuvor durch verdünnte Schwefelsäure expandirt wurde.

Schon dieses Verhalten deutet auf Verwandtschaft des Stärkemehls mit dem Zellstoffe hin, die sich auch bestätigt durch die Elementaranalyse, nach welcher beide Körper Kohlenhydrate sind, bestehend aus 44 Kohlenstoff, 49,5 Sauerstoff und 6,5 Wasserstoff ($C^{12}\ O^{10}\ H^{10}$); die sich ferner bestätigt in der Umbildung beider Stoffe zu Dextrin und Zucker unter Einwirkung von Schwefelsäure; durch Einwirkung von Salpetersäure je nach Umständen zu Kleesäure oder zu Pyroxylin (Schiessfaser). Das Verhalten des letzteren zu Aether (Collodium) habe ich zuerst im Jahre 1847 in der Leipziger Zeitung bekannt gemacht.

In kaltem Wasser, Alkohol, Aether, Ammoniak, in fetten und flüchtigen Oelen ist das Stärkemehl unlöslich, in kochendem Wasser verwandelt es sich in Kleister, bei 160—180° Wärme in Dextrin und Zucker (Krümmelzucker). Aetzkali expandirt die Mehlkörner, wie kochendes Wasser, zu einem farblosen, gallertartigen, durchsichtigen Kleister, ebenso salpetersaures Quecksilberoxyd. Salpetersaures Silber bildet rasch einen steifen Kleister und gesteht bald darauf zu einer krystallinischen Masse, deren Auflösung in Wasser die expandirten Aussenschichten der Mehlkörner wieder erkennen lässt.

b) Form, Grösse, Färbung.

§. 78. Das Stärkemehl bildet meist rundliche oder ellipsoidische Körnchen, deren Form bei freier, vereinzelter Entwickelung nur selten in die Stabform (Taf. III, Fig. 34), oder in die Schenkelknochenform (Fig. 33),

oder in die Form von Spindeln (Fig. 26 f—h), oder mehrzackigen Gebilden (Fig. 26 d e) übergeht. Wo eine Mehrzahl von Mehlkörnern unter gemeinschaftlicher Hüllhaut sich entwickeln, da erhalten sie durch gegenseitige Pressung dieselben polyedrischen Formen, die unter denselben Umständen auch die Pflanzenzelle zeigt (Fig. 10 i 41—44). Ich muss aufs Bestimmteste der Ansicht entgegentreten: dass die polyedrischen Formen auf innerem Grunde, auf einer Neigung zur Krystallbildung beruhen, wie dies beim Klebermehle in so ausgezeichneter Weise der Falll ist, und wie solche selbst beim Zellkern in einigen Fällen hervortritt (Taf. III, Fig. 18 a b). Das Stärkemehlkorn zeigt ebene Flächen stets nur an den Berührungspunkten mit anderen, zu demselben Complexe vereinten Mehlkörnern, die freien Flächen derselben Randkörner, die nach dem Innern des Complexes hin durch ebene Fächen begrenzt sind, zeigen äusserlich die Kugelfläche unverändert (Taf. III, Fig. 10, 11). Die Entwickelungsfolge wird uns zeigen: dass in der Mehrzahl der Fälle das Stärkemehl in seinem jugendlichsten Zustande componirt ist und dass die ursprünglich flächige Form in die Kugelform sich umändert, sobald die Körnchen sich vereinzelt haben. Nur da, wo die Vereinigung der einzelnen Körnchen sich bis zur vollendeten Ausbildung derselben erhält, sind die Compressionsflächen dann auch bleibend, z. B. in den Wurzeln, Knollen, Zwiebeln der Convolvulaceen, Scitamineen, Marantaceen, Melanthaceen, Aroideen, im Samen von Myristica, Laurus, Arum, Nuphar, Euryale, Victoria etc.

Bei einigen Pflanzen, besonders schön bei Zea Mais, erhalten auch die Einzelkörnchen polyedrische Form durch gegenseitigen Druck, der erst bei der Reife eintritt, in Folge der Contraction jeder Zelle und des ganzen Samenkorns (Ueber das Platzekorn s. Bot. Zeit. 1853, S. 638).

Die grössten Stärkemehlkörner, die ich bis jetzt aufgefunden habe, sind die der Frucht von Solanum tuberosum, deren Breitedurchmesser bis auf $^1/_{30}$ P. Lin. steigt. Die kleinsten ausgebildeten Körner, kaum $^1/_{800}'''$ messend, fand ich im Samen von Nuphar, Rheum, Celosia. Unger setzt die Grenzen der Grösse weiter auseinander, von 0,0820—0,0009'''.

Schleiden erwähnt formloser, in einem kleisterartigen Zustande befindlicher Stärke aus dem Samen von Cardamomum minus (Alpinia Cardamomum) und aus der Wurzelrinde der Jamaica-Sassaparille (Smilax). Was ich im Samen von Alpinia vermittelst wässriger Jodlösung sehe, sind sehr kleine, kaum $^1/_{600}'''$ messende, die Zellen dicht erfüllende Mehlkörnchen, deren jedes in der Mitte einen durch Jod nicht gefärbten, in Wasser unlöslichen Kern enthält. Lässt man zu den in Jodwasser liegenden Scheiben einen Tropfen verdünnte Schwefelsäure unter Deckglas ziehen, so löst sich der ungefärbte Kern, jedes einzelne Körnchen erweitert sich zum Bläschen und lässt eine braun gefärbte Hüllhaut erkennen. In diesem Falle vertragen die Bläschen viel Säure ohne zu zerfliessen. Netzt man hingegen mit Jodalkohol und lässt man diesem einen Tropfen verdünnte Schwefelsäure unter Deckglas nachziehen, so zerfliessen die in den Zellen liegenden Mehlkörnchen zu einer dunkelblauen homogenen Substanz, die herausgespülten, in der wässrigen Jodlösung nicht gefärbten Kerne werden nun auch blau und erscheinen componirt. Für das Mehl der Sassaparilla hat Schleiden selbst schon die Vermuthung ausgesprochen, dass der beobachtete Zustand ein, durch starke Trockenwärme hervorgerufener, unnatürlicher sei. Ich habe eine grosse Zahl verschiedener Sorten dieser Stolonen untersucht, aber immer nur die bekannten, componirten Mehlkörner vorgefunden, glaube daher, dass Stärkemehl in formlosem Zustande natürlich nicht existirt, ebenso wie mir formloses Chlorophyll bis jetzt noch nie vor Augen gekommen ist.

Die Stärkekörnchen sind farblos; nur bei Laurus nobilis und indica natürlich rosenroth. Die Eigenschaft der Farbenspeicherung fehlt dem Stärkemehl durchaus in allen Alterszuständen.

Die Substanz des Stärkemehls ist fest, wenig elastisch, durch Druck vom Rande aus zerspaltend, ohne jedoch, wie das Klebermehl, glasartig zu zerspringen.

c) Bau und Bestandtheile.

§. 79. Das Stärkemehl besteht aus einer äussersten, granulirten Hüllhaut, aus einer äusseren, stickstofffreien Cambialwandung, aus den Schichtungslamellen eines spiralig gerollten Astathebandes, an dessen Stelle häufig kleine, kugelige Körnchen derselben Substanz lagern, wo die Verwachsung derselben zu Lamellen nicht eingetreten ist; und aus einer, den Innenraum bekleidenden, zarten Innenhaut. Es zeigt also das Stärkekorn im Baue grosse Uebereinstimmung mit dickwandigen Zellen.

α) Die Hüllhaut.

§. 80. Ein ungemein zartes Häutchen von granulirter Struktur, zeigt dieselbe Bildung und dasselbe Verhalten zu chemischen Reagentien wie die Häute des Ptychodeschlauches, und ist in der That nichts Anderes als die Hüllhaut des Mikrophysalids, in welchem das Stärkemehlkorn sich entwickelte. In den jugendlichsten Zuständen des Stärkemehls ist diese Haut daher als Physalidenhaut überall leicht nachweisbar; es lagert dann zwischen ihr und dem Stärkemehlkorne das Chlorogen oder die Substanz des Chlorophyllträgers, in denen das Mehlkorn sich entwickelt auf Kosten dieser letzteren. Taf. III, Fig. 20 habe ich die Entwickelung des Stärkemehls der Kartoffelfrucht dargestellt (s. Leben der Pflanzenzelle Taf. I, Fig. 36 a—n). Man erkennt die grüne, von einer Hüllhaut umschlossene Chlorophyllsubstanz im Umfange des sich vergrössernden Stärkemehlkornes von seiner Entstehung ab bis zu ungefähr ¼ seiner endlichen Grösse. Später verschwindet der grün gefärbte Stoff und die Hüllhaut bildet dann einen unmittelbaren Ueberzug des Mehlkorns. Taf. III, Fig. 9 zeigt die Entwickelungsfolge eines einzelnen Mehlkorns im Innern eines Chlorophyllkorns, ein, im grünen Zellgewebe der Blätter und Rinden sehr allgemeiner Vorgang, hier entnommen den Blattzellen der Begonien.

Aber nicht in allen Fällen entwickelt sich das Stärkemehlkorn im Innern eines Chlorophyllkorns, nicht in allen Fällen ist es nur ein Stärkemehlkorn, welches im Mikrophysalid sich bildet. Häufig sind es unmittelbar die Kernstoffkörperchen des Zellkerns, die zur Bildungsstätte des Stärkemehls werden und dann entsteht in der Mehrzahl der Fälle nicht ein, sondern eine Mehrzahl von Stärkekörnchen in jedem Physalid, obgleich auch die Fälle nicht selten sind, in denen Chlorophyllkörner gleichzeitig mehrere Stärkekörner im Innern ausbilden. Taf. III, Fig. 10 giebt die Entwickelungsfolge einer Mehrzahl von Stärkekörnchen im Innern der farblosen, ursprünglich farbstoffspeichernden Chlorogenkörperchen des Zellkerns (Taf. III, Fig. 2), zum componirtem Stärkemehl aus den, dicht an den Faserbündeln der Kürbisfrucht gelegenen, grossen Zellen. Färbung mit Jodlösung giebt nicht allein im Umfange der Complexe, sondern auch zwischen jedem Körnchen eines jeden Complexes, eine ungefärbte Schicht zu erkennen, ein Beweis: dass nicht allein die Hüllhaut des Physalid eine bleibende, sondern dass auch jedes einzelne Mehlkörnchen im Innnern des Complexes von einer Hüllhaut umgeben ist.

Einen sehr ausgezeichneten Belag hierfür bietet das componirte Mehl der Muskatnuss. Behandelt man zarte Scheibenschnitte und die aus den Zellen herausfallenden Mehlkörnchen derselben mit salpetersaurem Quecksilberoxyd, wobei nicht mehr vom Reagens angewendet werden darf als grade nothwendig ist, bei nicht zu energischer Expansion, die Lösung der Amylonsubstanz zu bewirken, so erkennt man, nach ungefähr 12 Stunden, die unverletzten, granulirten Hüllhäute der componirten Mehlkörnchen in der Taf. III, Fig. 11 dargestellten Schärfe, nicht allein die gemeinschaftliche Hüllhaut, sondern auch die eines jeden einzelnen der, von ersterer eingeschlossenen Mehlkörnchen. Wenn dieses Experiment nicht mit jedem componirten Mehle glückt, so liegt dies darin, dass die zarten Hüllhäute von den sich expandirenden Mehlschichten zerrissen werden. Verfolgt man die Wirkung des Reagens unter dem Mikroskope, so wird man beim Beginn derselben die Hüllhäute auch bei anderen componirten Mehlkörnern erkennen. Am lehrreichsten hierzu ist das Mehl von Loranthus (Valdiviensis).

Sehr instructiv ist in dieser Hinsicht das stabförmige oder schenkelknochenförmige Stärkemehl aus dem Milchsafte der Euphorbien *). Behandelt man dasselbe mit salpetersaurem Quecksilber, so quellen die Mehlkörnchen um das 4—5fache ihres Durchmessers auf, wie dies Taf. III, Fig. 33 und 34 im Grössenverhältniss darstellt; der gelöste Inhalt körnelt sich und erhält eine ziegelrothe Farbe (trotz der blauen Farbe die Jodlösung dem unveränderten Korne ertheilt) und nur ein schmaler Randsaum bleibt ungefärbt. Man gewinnt das Mehl leicht durch Auswaschen des gesammelten Milchsafts von Euphorbia splendens, Caput Medusae, Neriifolia etc. mit Aether, Alkohol und Wasser, darf aber auch hier nur geringe Mengen des Reagens in Anwendung bringen.

In der grossen Mehrzahl der Fälle, besonders da wo vereinzelte Mehlkörner sich zu bedeutender Grösse ausbilden, vermisst man eine, das reife Mehlkorn einschliessende, durch Jod nicht blau werdende Hüllhaut. Dies liegt aber nicht darin, dass diese Hüllhaut überhaupt fehlt, sondern darin, dass sie in der Zelle zurückbleibt, wenn dieselbe behufs Gewinnung des Mehls zerschnitten oder zerquetscht wird. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man reifen, trocknen Bohnen Querschnitte entnimmt und diese mit salpetersaurem Quecksilber

*) Die Entdeckung dieses Mehls wird mit Unrecht Meyen zugeschrieben. In meinen Jahresberichten S. 125, Taf. I, Fig. 19 a—c habe ich (1837) zuerst darauf aufmerksam gemacht, und Meyen selbst citirt meine Arbeit mit den Worten: „Man hat auch gefunden etc.“

auf der Objecttafel behandelt. Es werden in diesem Falle nur die Mehlkörner aufgelöst und die Bettung derselben im Innern der Zellen bleibt unverändert, wie dies Taf. III, Fig. 13 i aus der reifen Bohne von Vicia Faba (Fig. 14 ein Stück der Bettung stärker vergrössert); wie dies Taf. III, Fig. 24 aus 1 Linie langen Keimen der Kartoffelknolle darstellt. Diese Bettung besteht aus den, durch das Quecksilber nicht gefärbten Hüllhäuten, die zum Theil dicht aneinander schliessen, theils Räume zwischen sich lassen, die mit sehr kleinkörnigem Klebermehl dicht erfüllt sind, das durch das Reagens eine ziegelrothe Farbe erhält und dadurch die ungefärbten Hüllhäute scharf hervortreten lässt, wie dies Taf. III, Fig. 14 darstellt, woselbst ich, zur Verständlichung, drei unveränderte Mehlkörner in die Räume hineingezeichnet habe. Hat man sich auf diesem Wege von dem Vorhandensein der Hüllhäute überzeugt und diese selbst, wie ihr Verhalten zu Reagentien kennen gelernt, so wird man sie, allerdings nur selten, auch als Umgebung ausgespülter Mehlkörner auffinden (Taf. III, Fig. 14 b).

Dass die Hüllhäute der Mehlkörner beim Zerschneiden oder Zerquetschen der Mehlzellen sich von den Körnern trennen und in der Zelle zurückbleiben, liegt theils in der Contraction der eigentlichen Mehlsubstanz beim Austrocknen, der zu Folge die Mehlkörner lose in der Hüllhaut wie in einer Kapsel liegen und bei Zerreissung derselben herausfallen, theils in der Verkittung der Hüllhäute durch die zwischenliegenden Kleberkörnchen und den eintrocknenden Ptychodesaft.

β) Das Astatheband und seine Begrenzung.

§. 81. Das Astatheband bildet die Hauptmasse des Mehlkorns und erlangt in den meisten Fällen eine so bedeutende Dicke, dass der Innenraum mitunter gänzlich, meist bis auf eine sehr kleine Höhlung verdrängt wird.

Fassen wir das über die Struktur dieses wichtigsten Theiles in der Wissenschaft Bestehende zusammen, so findet sich Uebereinstimmung der Ansichten nur darin, dass dieselbe durch concentrisch um einen inneren Raum geschichteten Ablagerungen bestehe, die sämmtlich von gleichem Stoffe und gleicher Bildung sind. Die Angaben über das Vorhandensein eines inneren Kerns von abweichendem Stoffe, oder einer, den Innenraum füllenden Flüssigkeit, dürfen als antiquirt betrachtet werden. Ob die ineinander geschachtelten Schichtungen sämmtlich geschlossene sind, oder ob Meniskenbildung stattfinde, d. h. eine Schichtenlagerung, ähnlich einer Mehrzahl übereinander gestülpter, in der Grösse abnehmender Uhrgläschen, lässt auch Schleiden noch unentschieden, der um die Stärkemehlkunde sich besondere Verdienste erworben hat. Ebenso sind die Ansichten noch verschieden über die Bildungsfolge der Schichtungen. Während ein Theil der Beobachter die Ansicht vertheidigt, dass die innersten Schichtungen die jüngeren seien, nehmen andere an, das Mehlkorn wachse wie der Krystall durch Apposition der Schichtungen auf die Aussenfläche der vorgebildeten Schichten, ein Beweis, dass die Natur der Stärke und deren Entwickelungsfolge noch wenig erkannt sind.

Meiner Ueberzeugung nach ist die Entwickelung der Schichtungen des Stärkemehlkorns ein der Entwickelung der Zellwand durchaus analoger Vorgang. Das Stärkemehlkorn ist von der Zelle überhaupt nur unterschieden durch seine, dem Leben der Einzelzelle untergeordnete Stellung und durch die stoffliche Verschiedenheit. Wie in der Zellwand sind daher auch im Mehlkorne die Schichten ein und desselben Ablagerungscomplexes gleichzeitiger Entstehung, gleichzeitiger Erweiterung und Verdickung; wie dort bildet der Schichtencomplex ein spiralig um den Innenraum gewundenes Astatheband; wie dort sind auch hier die inneren Schichtencomplexe die jüngeren; wie dort haben wir auch hier eine Cambialwandung von einem oder mehreren, inneren Schichtencomplexen zu unterscheiden, wie dort ist auch hier die innerste Grenze der Schichtungen eine, in Struktur und Faltung von der ihr zunächst anliegenden verschiedene.

Beläge für diese Ansicht habe ich bereits in der Bot. Zeitung 1855 No. 52, 1856 No. 20, Taf. VIII, Fig. X 1—9 beigebracht. Ich vermehre dieselben hier durch Nachfolgendes.

Unter allen Stärkemehlarten, die mir bis jetzt vor Augen gekommen sind, ist das der Kartoffel diejenige Art, an welcher die Schichtenbildung am ausgeprägtesten und deutlichsten sich zeigt; sie ist aber verhältnissmässig undeutlich am Mehlkorne der Kartoffelknolle, verglichen mit dem der unreifen Kartoffelfrucht.

Taf. III, Fig. 26 a ist die Abbildung eines der grösseren, $^1/_{30}'''$ im Durchmesser messenden, regelmässigen Körner dieser Abstammung. Ebendaselbst Fig. 26 b—h habe ich eine Anzahl kleinerer Mehlkörner dieser Art gezeichnet, abweichend nicht allein in der Form, sondern auch durch die, schon am unverändert ganzen Korne erkennbare Meniskenform der äusseren Schichten und deren, auch im Contour des Korns erkennbare

Absätze, durch die dasselbe oft täuschend die Form einer, beiderseits zugespitzten Schmetterlingspuppe oder einer Fliegenmade erhält. In Fig. 26 a erkennt man zwischen den entfernteren, dunkleren Ringstreifen eine Mehrzahl feinerer, parallelläufiger Streifen. SCHLEIDEN hält die dunkleren Ringlinien für, mit Luft erfüllte Räume zwischen den einzelnen Schichtungen, eine Ansicht, der ich nicht beistimmen kann und zwar deshalb nicht, weil diese dunkleren Streifen auch nach der Behandlung des Mehls mit Aether, Alkohol und nach völliger Durchdringung des Korns mit Wasser nicht verschwinden, anderentheils weil auf der Drehscheibe des Mikroskops die schwarzen Linien sich verändern, bald dem vorderen, bald dem hinteren Rande der scheinbaren Reifen angehören, je nachdem das Korn in verschiedener Lage zum directen Lichte gebracht wird, endlich weil auf trocknen Querschnitten aus den Mehlkörnern ein wirkliches Auseinanderweichen der Schichtungen nicht nachgewiesen werden kann. Es müssen daher diese dunkleren Ringlinien auf abweichender Lichtbrechung beruhen. Da nun aber die Substanz des Korns selbst überall dieselbe ist, so kann die Ursache der abweichenden Lichtbrechung nur in Faltungen derselben beruhen.

Knetet man Stärkemehl der Kartoffel mit wenig arabischem Gummi zu einem steifen Brei, lässt man diesen austrocknen, so kann man die feinsten Querscheiben aus den Mehlkörnchen herstellen. Löst man den Gummi in dem Wassertropfen der Objectplatte, so zeigen die Querscheiben eine eigenthümliche Veränderung. Während die Schichtungen der Scheibe auch im kalten Wasser sich expandiren, ist es eine, zunächst einer Aussenschicht gelegene Region, in welcher eine, einer Lösung nahe stehende, stärkere Expansion eintritt. Die Aussenschicht selbst expandirt sich zwar auch, verflüssigt sich aber nicht, d. h. sie verliert nicht ihre scharfen Umrisse, zeigt aber in kurzen Zwischenräumen Umkippungen, ähnlich auf einer Reihe von Pfählen aufgehängter, spindelförmiger Festons, wie dies die Querscheibe Taf. III, Fig. 30, 31 darstellt.

Die Entstehung der Einsenkungen und Umkippungen dieser äussersten Schicht des Mehlkorns und deren Vergrösserung mit zunehmender Lösung der unter ihr liegenden Schichtungen, die oft so bedeutend wird, dass die Querscheibe dadurch eine sternförmige Gestalt erhält, ist eine vielsagende Erscheinung, denn offenbar ist es, dass eine Ursache vorhanden sein muss, durch welche die Einsenkung örtlich verhindert wird. Die, wie ich zeigen werde, in vielem Anderen bestehende Aehnlichkeit in der Entwickelung und Bildung der Mehlschichten mit Entwickelung und Bildung der Zellwand, führt zu der Vermuthung, dass es die häutige Auskleidung vorhandener, direct allerdings hier nicht nachweisbarer Tipfelkanäle sei, welche, wie in der Zelle, radial vom Innenraume nach dem Umfange verlaufend, der äussersten Schichtung örtlich zum Stützpunkte dient, eine Vermuthung, die man als solche um so mehr aussprechen darf, da auch manche andere Erscheinungen auf das Vorhandensein von Tipfelkanälen hindeuten, namentlich im Mehlkorne der Linse (Bot. Zeit. 1856, Taf. VIII, Fig. X 8).

Selbst im Mehlkorne der Kartoffel fehlen diese Andeutungen nicht. Bringt man sehr feine Schnitte aus der Gummiverkittung auf die Glastafel, löst man das Gummi in möglichst wenig Wasser, röstet man die auf der Glastafel vertheilten, isolirten, vorher getrockneten, Scheibenschnitte durch Erhitzung der Objecttafel über der Spiritusflamme bis zum Beginn der Bräunung, giebt man dann ein Deckglas und lässt Ammoniak unter dasselbe einziehen, so erhält man Ansichten der Scheibenschnitte wie Taf. III, Fig. 28 darstellt. Der Innenraum derselben hat sich bedeutend erweitert und ist unmittelbar begrenzt von einer gefalteten Schicht, der sich die, in vielen Fällen noch deutlich erkennbaren, zarteren Schichtungen anlegen. Nicht häufig, aber doch oft genug um die Bildung für mehr als Zufälligkeit halten zu dürfen, sieht man die äussere Grenze der Scheibe wirklich eingebuchtet und in diesen Fällen stets eine radiale Doppellinie von der Einbuchtung nach der inneren Grenzschicht hin durch die Mehlschichten verlaufen. Das Ganze macht so sehr den Eindruck der Ansicht eines Tipfelkanals der Zellwand, dass man wohl die Vermuthung aussprechen darf, es stimme auch hierin der Bau der Mehlwand mit der Zellwand überein. Mehl aus reifen, trocknen Bohnen von Phaseolus, in gleicher Weise geröstet und unter Ammoniak gebracht, giebt gleiche Ansichten. Am unveränderten Mehlkorne dieser Pflanze sieht man die radialen, tipfelkanalähnlichen Striche mitunter schon recht gut in Ammoniak, darf sie aber nicht verwechseln mit den lufterfüllten, vom Innenraume ausgehenden Spalten (Taf. III, Fig. 15 e). Am deutlichsten treten tipfelkanalähnliche Bildungen im Korne von Cenchrus echinatus auf (Taf. II, Fig. 48).

Aus dem Verhalten der Querscheiben im Wasser geht hervor, dass die äusserste Grenzschicht des Mehlkorns einen, von den tiefer liegenden Schichtungen abweichenden Bau besitze, wenn sich stoffliche Verschiedenheiten auch nicht zu erkennen geben; denn diese äusserste Grenzschicht wird von Jodlösung eben so blau gefärbt wie die tiefer liegenden Schichten. Alle tieferen Schichtungen zeigen nie etwas Aehnliches, wogegen ich

bis jetzt noch keine Stärkemehlart gefunden habe, bei welcher die Einsenkung der äussersten Grenzschicht bei gleicher Behandlung nicht eingetreten wäre. Wenn sie nicht an allen Körnern erfolgt, so liegt dies wohl theils in verschiedener Dicke, theils in verschiedener Richtung des Schnittes.

Aber auch noch in anderer Weise kann man sich von der abweichenden Beschaffenheit der äussersten Mehlschicht überzeugen. Netzt man Stärkemehl mit Jodalkohol, bringt man es nach Verdunsten des nicht aufgenommenen Jod unter Deckglas, lässt man darauf wasserfreien Alkohol nachziehen und ersetzt man den verdunstenden Alkohol durch verdünnte Schwefelsäure, so erfolgt nicht die, durch letztere allein eintretende Expansion aller Theile des Mehlkorns, sondern die erweiterte Aussenschicht allein bleibt geschlossen, während die inneren Schichten sich zu einer gekörnelten Masse umgestalten. Dies geschieht in den meisten Fällen unter Erweiterung des Innenraums, der dann ebenfalls von einer nicht gelösten, inneren Grenzschicht umschlossen ist, so dass das ganze Korn dann einem Makrophysalid ähnlich ist, in dessen Ptychoderaume die tief blaue, granulirte Mehlmasse lagert (Taf. III, Fig. 29).

Wenden wir uns nun von der Grenzschicht zu den tiefer liegenden Schichtungen, so zeigen zarte Querscheiben aus dem Mehle der Kartoffelfrucht, in vorerwähnter Weise dargestellt, unzweifelhaft Meniskenbildung derjenigen Schichten, die dem excentrischen Innenraume am entferntesten liegen (Taf. III, Fig. 30), während die dem Centrum nahe liegenden Schichten dasselbe ringförmig einschliessen. In den kleineren, madenförmigen Mehlkörnern erkennt man hin und wieder, besonders nach mehrtägiger Aufbewahrung des Mehls in Ammoniak, die ganze excentrische Meniskuswand, wie dies Fig. 26 g darstellt. In dem Umstande aber, dass auch bei Meniskenform der Schichten diese sämmtlich von einer geschlossenen äusseren Grenzschicht umgeben sind, wie dies der Scheibenschnitt Fig. 30 zeigt, finde ich den unwiderleglichen Beweis: dass die Schichtenbildung nicht durch Ablagerung von Mehlstoff auf die Aussenfläche vorgebildeter Schichten, sondern vom Innenraume der Mehlzelle ausgeht, was natürlich ein fortdauerndes Wachsen der älteren, äusseren Schichten, auch nach ihrer Entstehung zu erkennen giebt.

Als Stütze der entgegengesetzten Ansicht hat man die, allerdings häufig genug vorkommenden Fälle angeführt, in welchen zwei oder mehrere concentrische Schichtenfolgen von einer und derselben gemeinschaftlichen Schichtenfolge eingeschlossen sind, z. B. Fig. 26 a. Eine solche Einschachtelung zweier Zellwände in eine gemeinschaftliche Zellwand ist eine sehr gewöhnliche Erscheinung, besonders unter den dickwandigen Zellen der Epidermis. Niemand ist es jedoch eingefallen, daraus eine spätere Entstehung der gemeinschaftlichen Zellwand herzuleiten, und wenn wir hier im Mehlkorne etwas dem ganz Aehnliches finden, so ist das ein Beweis mehr für die Ansicht, dass die Schichten desselben in ganz ähnlicher Weise sich entwickeln wie die Schichtungen der Zellwand. Ausserdem lassen Zwillingskörner wie Fig. 26 b und c ebenfalls nur die Deutung einer, vom wandständigen Innenraume des Mehlkorns fortschreitenden Schichtenbildung zu.

Dünne Scheibenschnitte aus Mehlkörnern lassen noch eine zweite, beachtenswerthe Eigenschaft erkennen, wenn sie in kaltem Wasser aufquellen. Wie es Taf. III, Fig. 27 darstellt zeigt sich der Scheibenschnitt in den meisten Fällen nicht als eine geschlossene, sondern als eine, durch einen schrägen Radialschnitt geöffnete Ringfläche, grade so als wenn man einen Scheibenschnitt aus einem dicken, spiralig um einen Innenraum gewundenen Bande vor sich hat. Da nun die Zellwandung aus einem Bande dieser Art besteht (Taf. II, Fig. 40), so liegt darin eine weitere Hindeutung auf einen, der Zellwand ähnlichen Bau des Mehlkorns.

Einige beachtenswerthe Fingerzeige auf die Ursache der Meniskenform der Mehlschichten giebt nachfolgendes Experiment.

Sondert man, beim Auswaschen des Satzmehls der Kartoffelfrucht in Wasser, die leichteren, zuletzt sich niederschlagenden Körner, so erhält man ein zwar kleinkörnigeres Mehl, in dem aber die Meniskenbildung der Schichten vorherrschend und scharf ausgeprägt ist, wie dies die Figuren Taf. III, 26 b—h darstellen. Bestäubt man die Objectplatte ganz schwach mit diesem Mehle, so dass die meisten Körnchen isolirt liegen, erhitzt man die Glastafel über der Spirituslampe in der Mitte der bestäubten Fläche bis zum Beginn der Bräunung des Mehls, so erhält man, von der Mitte nach dem Rande der bestäubten Fläche, alle Uebergangsstufen vom Beginn der Röstung bis zum unveränderten Zustande des Mehlkorns. Giebt man nun unter Deckglas Ammoniak zum Mehle, so sieht man viele Körner in der Art verändert, wie dies Taf. III, Fig. 32 darstellt. Die Menisken sind mehr oder weniger auseinander getreten, zeigen sich aber, von ihren Rändern aus, durch ungemein zarte, nur bei mindestens 400maliger Vergrösserung und bei gutem Lichte erkennbare Häute verbunden. Abgesehen von der

Meniskenform der Schichten, macht das Bild den Eindruck, als habe man eine kurze, spindelförmige Ringfaserzelle vor sich, und die Idee liegt nahe, dass wir hier in der That ein Analogon der, im Ringgefässe auftretenden, eigenthümlichen Modification der Zellwand vor uns haben, wie solche den Holzkörper der Mamillarien bildet, mit dem Unterschiede, dass der, schon dort tief in den Zellraum hineinragende Ring (oder Spiralfaser) hier zum Meniscus sich geschlossen hat.

Solcher Analogien im Baue der Schichtungen des Mehlkorns mit dem Baue der Zellwand mögen noch gar viele bestehen, die sich aber, in Folge geringerer Grösse und minder günstiger Verhältnisse, oder auch weil wir die rechte Methode der Untersuchung noch nicht aufgefunden haben, unserer Beobachtung entziehen.

Besonders mache ich in dieser Hinsicht auf den Bau des Mehlkorns aus dem Wurzelstocke der Irideen aufmerksam, der weit zusammengesetzter ist als ihn Schleiden darstellt. Taf. III, Fig. 35 gebe ich die Abbildung eines Mehlkorns aus Iris florentina, um die kegelförmige Einstülpung in den Innenraum und deren Längsfaltung zu zeigen. Häufig vorkommende, seitliche Ausbeutelungen habe ich in die Zeichnung nicht mit aufgenommen.

Wenden wir uns nun zur innersten Grenzschicht der Mehlwandung, so finden wir auch hier manche Uebereinstimmung mit demselben Theile einer ausgebildeten Zelle, namentlich der Holzfaser, in welcher eine Regeneration des Ptychodeschlauches nicht mehr eingetreten ist. Diese Uebereinstimmung spricht sich aus, einestheils in dem abweichenden Verhalten dieser innersten Grenzschicht von dem der tieferen Schichtungen gegen Reagentien, anderentheils in der spiraligen Faltung der Grenzschicht.

Was das abweichende Verhalten gegen Reagentien betrifft, so habe ich bereits gezeigt, dass bei Behandlung des Mehls mit Alkohol und Schwefelsäure die innere Grenzschicht, ebenso wie die äussere, ungelöst bleibe, während die eigentlichen Mehlschichten gelöst werden und sich körnig niederschlagen; dass das Mehlkorn hierbei unter bedeutender Erweiterung des Innenraums die Form eines Physalids wieder annehme. Ich habe ferner gezeigt, dass auch beim Rösten von Scheibenschnitten die innerste Grenzschicht ein abweichendes Verhalten zeige Taf. III, Fig. 29). Am beachtenswerthesten ist aber die spiralige Faltung dieser Grenzschicht, da der spiralige Verlauf dieser Falten ein durchaus selbsständiger und vom Verlauf der angrenzenden Mehlschichten abweichender ist. Wo der Innenraum des Mehlkorns ein grösserer ist, wie z. B. im Mehlkorne von Ervum Lens, Iris florentina etc., da erkennt man die Spiralfaltung mitunter schon am unverletzten Korne (Fig. 35), überall tritt sie deutlich hervor an Scheibenschnitten, die in Wasser liegen (Fig. 27). Sehr deutlich sieht man sie aber auch im Kartoffelmehle, wenn man dasselbe in wasserfreiem Alkohol kocht, dann auf der Glastafel erwärmt und darauf unter Chlorzink-Jodkalium betrachtet (Fig. 28).

Dies Alles zusammengenommen, halte ich mich berechtigt, den Bau des Stärkekorns gleich zu stellen dem einer doppelhäusigen Wandungszelle ohne regenerirten Ptychodeschlauch. Abgesehen von der äussersten Hüllhaut betrachte ich die schmale, an Scheibenschnitten im Wasser sich umkippende, äusserste Schichtung als Cambialwandung, die in letztern eingeschlossene, spiralig gerollte Hauptmasse des Korns als eine zweite, innere Zellwandung, beiderseits begrenzt durch Häute, von denen allerdings nur die innere anatomisch nachweisbar ist.

γ) Das granulirte Stärkekorn.

§. 82. Um die Darstellung nicht zu verwirren, habe ich in Vorstehendem überall nur diejenigen Stärkemehlarten im Auge gehabt, bei denen eine Schichtenbildung nachweisbar ist, oder in denen sie als bestehend angenommen werden kann, insofern abweichende Strukturverhältnisse dieser Annahme nicht entgegenstehen. Dahin gehört das vereinzelte oder das bleibend componirte Stärkemehl der meisten Wurzeln, Knollen, Zwiebeln, das Stärkemehl des Stammes und der Blätter unserer Holzpflanzen; es gehört dahin das Stärkemehl der Samen, so viel ich weiss aller Leguminosen und Polygoneen, das der meisten Hordeaceen und einer nicht grossen Zahl anderer Pflanzen.

Wunderbarer Weise ist aber eine, bei den monocotylen Pflanzen sehr verbreitete Mehlbildung wie es scheint bisher gänzlich übersehen worden. Unter den Hordeaceen ist es Triticum und Secale (Taf. III, Fig. 16 a), in deren Samen eine Schichtenbildung noch deutlich hervortritt; bei Hordeum ist eine solche kaum angedeutet; bei Elymus dasystachys erkennt man Schichtenbildung und Innenraum noch sehr deutlich; bei den meisten Arten letzterer Gattung ist Beides verschwunden, die ganze Mehlmasse erscheint als eine strukturlose, ineinander geflossene Substanz, in der bei Elymus dauricus (Taf. I, Fig. 76) die ersten Spuren einer Körnelung auftreten, die bei Lolium (Taf. I, Fig. 79) nur weiter ausgebildet ist.

Die feinste Granulirung der Mehlmasse finden wir in den Grosskörnern des Samens der Agrostideen (Phalaris, Phleum, Agrostis, Calamagrostis, Chaeturus, Lagurus etc., Taf. III, Fig. 46 aus Lagurus ovatus). Besonders in nicht völlig ausgetragenem Samen findet man mitunter gleich geformte Körner, deren Granula von Jod nicht blau sondern goldgelb gefärbt werden (Taf. III, Fig. 45); es ist hier das Stärkemehl durch Klebermehl vertreten. Andere Grosskörner bestehen aus Klebermehlkörnchen, zwischen denen kugelige Ballen von Stärkemehlkörnchen lagern (Taf. III, Fig. 47, 48). Ich werde darüber beim Klebermehle mehr sagen.

Auch unter den Paniceen finden sich einige Arten, bei denen ein so leiser Uebergang der Schichtenbildung in die Körnelung der Mehlmasse jedes Einzelkorns stattfindet, dass man in ein und demselben Samenkorne alle Uebergangsstufen auffindet. Am ausgezeichnetsten in dieser Hinsicht ist das Mehl des Samens von Cenchrus echinoides (Taf. II, Fig. 53—58). Grobe Scheibenschnitte in Jodwasser zerdrückt, zeigen das Mehlkorn in den Fig. 53—56 dargestellten Ansichten, theils mit deutlich geschichtetem (53), theils mit gekörneltem Inhalte (55, 56). Den gekörnelten Inhalt erkennt man deutlicher noch an den zartesten Scheibenschnitten aus dem trocknen Samenkorne (57, 58), die sich in Jodwasser ebenso öffnen und die Fläche des Innenraums nach aussen kehren, wenn das Astatheband zweimal in seiner Windung durchschnitten wird, wie ich dies schon aus dem Stärkemehle der Kartoffel (Taf. III, Fig. 27) dargestellt und als allgemeines Verhalten der geschichteten Mehlkörner bezeichnet habe. Aus so zarten Querschnitten lösen sich dann mitunter die einzelnen Granula und isoliren sich in der umgebenden Flüssigkeit (56). Sehr deutlich sieht man hier die von Jod nicht blau, sondern gelb gefärbte, innerste und äussere Grenze der Mehlwandung; nirgends erkennt man deutlicher das Vorhandensein von Tipfelkanälen in der geschichteten Mehlwand (54).

Hat man sich am Mehlkorne von Elymus dauricus (Taf. I, Fig. 76), an dem von Cynosurus echinatus (Taf I, Fig. 77), von Cenchrus echinoides (Taf. II, Fig. 53—58), von Chaeturus, Calamagrostis, Lagurus ovatus (Taf. III, Fig. 45—48) überzeugt: dass die Grosskörner mit gekörnelter Substanz genetisch aequivalent sind den Grosskörnern mit geschichteter Substanz in Triticum, Secale (Taf. III, Fig. 16 a), so wende man sich an Lolium (Taf. I, Fig. 79), woselbst, im Samen aller bis jetzt von mir untersuchten Arten, die Körnelung im Innern der, in Grösse, Form und Schärfe des Umrisses von den Mehlkörnern in Triticum, Secale etc. nicht unterschiedenen Grosskörnchen nun schon deutlicher hervortritt und bis zur Bildung gesonderter, kleiner Mehlkörnchen vorgeschritten ist, die, wenn man die Grosskörner vermittelst eines Stempels zerdrückt, sich in der umgebenden Flüssigkeit isoliren. Noch bedeutendere Grösse erreichen die Kleinkörnchen in Lasiagrostis und Eragrostis, sie erlangen die Grösse und Bildung der comprimirten Einzelkörnchen im Samen der Olyreen, Saccharineen und Paniceen bei Avena (Taf. II, Fig. 47—52), Melica, Oryza (Taf. I, Fig. 78). Zahl, Grösse, Form und Lagerung der componirten Grosskörnchen aus den zuletzt genannten Gattungen, so wie die oben verzeichneten Uebergangsstufen zu ihnen stellen es ausser Zweifel, dass auch sie gleichwerthig sind den Grosskörnchen mit geschichteter Substanz in Triticum, Secale und weiter: in Vicia, Phaseolus, Solanum etc.

Diese von gemeinschaftlicher Hüllhaut umgebenen, aus Kleinkörnchen sehr verschiedener Grösse zusammengesetzten Grosskörner fand ich mit wenigen Ausnahmen in allen von mir untersuchten Gattungen der Agrostideen, Avenaceen, Arundineen, Festucaceen, Stipaceen; ich fand sie ferner im Samen von Arum und Piper, im Samen der Commelineen und Nymphaeen, Chenopodeen, Amaranthaceen, Nyctagineen, Froelichia, Euryale etc.

In den von mir bis jetzt untersuchten Olyreen, Paniceen und Saccharineen hingegen habe ich nur Einzelkörnchen gefunden, sämmtlich von nahe gleicher Grösse und Bildung, durch gegenseitigen Druck polyedrisch und zu einer festen, hornähnlichen Masse zusammengedrückt. Wo, wie in Cenchrus und Anthephora Körnelung stattfindet, übersteigt diese nicht die molekulare Grösse der Kleinkörnchen.

Auch die Typhaceen, Cyperaceen und Junceen führen in ihrem Samen nur Einzelkörnchen, sämmtlich von geringer Grösse, die sich aber nicht gegenseitig pressen, sondern locker und ungeordnet nebeneinander liegen.

Dieser letzten Gruppe schliesst sich unter den Chlorideen die Gattung Eleusine mit einfach-componirtem, Eutriana mit einfachem Stärkemehle an, während Chloris (radiata) die merkwürdigen, mehrfach componirten Körner des Hafermehls enthält. Unter den Festucaceen besitzen die Gattungen Bromus und Brachypodium ausnahmsweise ebenfalls einfaches Stärkemehl, während die Gattung Phragmites ganz isolirt steht, durch gänzlichen Mangel sowohl an Stärkemehl als an Klebermehl, dessen Stelle ersetzt ist durch fettes Oel, der einzige Fall dieser Art, der mir bis jetzt vor Augen gekommen ist.

Unter den Gramineen ist die Körnelung der Grosskörner entschieden vorherrschend, und man kann

sagen: das Mehlkorn derselben bestehe aus Körnchen molekularer Grösse (Cenchrus, Cynosurus, Elymus), die einerseits der Beobachtung entschwinden entweder durch allseitige (Elymus, Hordeum), oder durch schichtenweise Verschmelzung (Anthephora, Triticum, Secale), während sie sich andererseits zu selbstständigen, oft nochmals componirten, aber von gemeinschaftlicher Hüllhaut umschlossenen Kleinkörnchen ausbilden (Lolium, Melica, Oryza, Avena). *)

δ) Das mehrfach componirte Stärkekorn.

§. 83. In manchen Fällen zeigt das Grosskorn eine noch weiter greifende Einschachtelung der Kleinkörnchen, so dass letztere selbst wiederum als componirte Mehlkörnchen zu betrachten sind. Diese treten dann häufig in Formen auf, die an das Kernkörperchen des Zellkerns und dessen Entwickelungsstufen zum Kranzkörperchen erinnern (Taf. III, Fig. 41—44 aus Victoria Regia, Fig. 36 a—d aus dem Wurzelstocke von Spiraea ulmaria), theils zeigen sie sehr eigenthümliche Formen.

Am ausgezeichnetsten in dieser Hinsicht ist das Haferkorn. Wählt man aus der käuflichen Hafergrütze recht grosse, vollständig entwickelte Körner aus (nicht jedes Korn giebt gleich instructive Präparate), zerdrückt man grobe Scheibenschnitte in schwacher, wässriger Jodlösung, so erhält man viele isolirte, mit Stärkemehl erfüllte Zellen zur Ansicht, in denen man die Lagerung der grossen Mehlkörner, getrennt durch kleine, in Wasser nur langsam sich lösende Kleberkörnchen ohne Weiteres erkennt, wie dies Taf. II, Fig. 47 zeigt. Aus zerdrückten Mehlzellen erhält man gleichzeitig eine Menge isolirter Grosskörnchen zur Ansicht, unter denen man bald solche auffinden wird, die nur eine geringe Zahl wiederum componirter Mehlkörner erkennen lassen (Taf. II, Fig. 47). Diese componirten Körnchen, wir wollen sie Mittelkörnchen nennen, erreichen hier eine aussergewöhnliche Grösse und zeigen zum Theil einen, wie es scheint mit einer Hüllhaut ausgekleideten, mehr oder weniger grossen, mehr oder weniger comprimirten Innenraum, der dem Mittelkörnchen mitunter das Ansehn einer dickwandigen Zelle mit Tipfelkanälen ertheilt (Taf. II, Fig. 49, 50).

Unter den Mittelkörnchen finden sich nun solche, in welchen eine grosse Symmetrie der Zerspaltung durch kanalförmige Erweiterung des Innenraums bis zur äusseren Hüllhaut unverkennbar ist. Taf. II, Fig. 48, Fig. 51, 52 stellen unter a—c auf diese Weise entstandene Zwillinge, d—e Drillinge, f Vierlinge dar.

In a sehen wir das spindelförmige Mehlkorn durch einen rhombischen Innenraum in zwei symmetrische Hälften getheilt. In dem Innenraume liegt ein Kügelchen von verhältnissmässig bedeutender Grösse, das durch Jod nicht blau sondern braun gefärbt wird, das mitunter ganz, in anderen Fällen nur theilweise aus fester Masse zu bestehen scheint (n), erinnernd an die Veränderungen des Zellkerns Taf. II, Fig. 27—29, mit dem Unterschiede, dass diese Kügelchen (pilae) die Eigenschaft der Farbenspeicherung nicht besitzen. Zerdrückt man Mittelkörnchen dieser Art, so lösen sich die beiden Hälften voneinander und es verbleibt dann mit der Trennungsfläche einer dieser Hälften die granulirte, durch Jod sich braun färbende, innere Schlauchhaut in Verbindung (b). In anderen Zwillingskörnchen ist der Innenraum viel schmäler, die Pile viel kleiner (c), in noch anderen ist der mittlere Trennungsspalt nur angedeutet durch eine von Jod nicht blau sondern braun gefärbte Linie. Bromelia, besonders aber Pitcairnia zeigen die Pilen sehr deutlich.

Dieselben Unterschiede in der Grösse und Form des Innenraums finden sich auch in den Drillingen und Vierlingen. In den weiträumigen Drillingen (d) gleicht der Innenraum einem, mit einer granulirten Haut ausgekleideten, durch breite Tipfelkanäle bis zur äusseren Hüllhaut erweiterten Zellraume, wie in der Holzfaser ohne freien Ptychodeschlauch. Die Zahl der eingelagerten Pilen ist meist eine grössere. Durch e schreitet dann auch hier die Entwickelung der Mehlkörper bis zur völligen Verdrängung des Innenraums vor. Ebenso verhält es sich mit den Vierlingen (f).

Aber selbst die spindelförmigen Einzeltheile der Drillinge und Vierlinge zeigen noch eine weitere Zerspaltung wiederum in spindelförmige Dreitheile, wie sie g h darstellt, oder in Viertheile (i), theils mit erweitertem (g), theils mit völlig comprimirtem Innenraume (h k), und selbst diese Theilkörper finden sich häufig in

*) Es bedarf für diese Untersuchungen keiner anderen Zubereitung der Objecte, als dass man grobe Scheibenschnitte aus dem Samenkorne unter schwacher, wässriger Jodlösung vermittelst eines kleinen Stempels auf der Objectplatte zerdrückt. Will man zugleich die Formen des eingelagerten oder zwischenlagernden Klebermehls zur Ansicht erhalten, so muss man die Scheiben unter Jodalkohol zerdrücken und nach Verdunsten des Alkohols das Zerdrückte mit Oel anrühren und unter diesem beobachten. Für letzteren Zweck leistet auch Jodglycerin gute Dienste.

gleicher Weise noch weiter in spindelförmige Theile zerspalten (Fig. 48) bis zu einer Grösse der spindelförmigen, meist sichelförmig gebogenen Kleinkörnchen hinab von $^1/_{150}'''$ Länge und $^1/_{700}'''$ grösster Dicke (l). Unter diesen Kleinkörnchen kommen dann auch solche vor, die sich zur Eiform abgerundet haben und einen Innenraum noch so erkennen lassen wie ihn die Grosskörnchen von Triticum und Hordeum zu erkennen geben (m).

Unter den Grosskörnern finden sich nun einzelne, in denen die Zerspaltung in Kleinkörnchen allgemein stattgefunden hat, in Folge dessen die Grenzen der Mittelkörnchen undeutlich geworden sind, in denen das ganze Grosskorn aus spindelförmigen (k), oder aus eiförmigen (l) Kleinkörnchen zusammengesetzt ist, und nur einzelne Grosskörnchen sind es, in denen die vielfache Einschachtelung auch ohne Zerlegung erkennbar ist wie in Fig. 47.

Leider fehlt mir noch die gewiss sehr lehrreiche Entwickelungsfolge dieses merkwürdigsten Stärkemehls, es lässt sich aber schon aus dem fertigen Zustande Manches in Bezug auf diese folgern, von der Annahme aus: dass die verschiedenen Zustände verschiedene Entwickelungsstufen des Mehlkorns darstellen, deren frühere nicht weiter fortschreiten konnten, in Folge plötzlicher Vermehlung durch eingetretene Reife.

Von dieser Annahme aus werden die Zustände mit weiterem Innenraume (a, d, g) die jüngeren, die Zustände mit comprimirtem Innenraume (c, h, k) werden die älteren sein. Das in a, d, g unverkennbare Vorhandensein einer inneren, die innere Wandungsgrenze auskleidenden Schlauchhaut; deren Erweiterung in tipfelkanalähnliche Räume bis zur äusseren Hüllhaut; das Vorkommen der Pile, eines Substituts des Zellkerns, gestatten die Ansicht: dass wir im Mittelkorne einen doppelhäutigen Ptychodeschlauch vor uns haben, dessen Schlauchhäute stellenweise zur Bildung eines zonalen Tipfelkanals untereinander verwachsen sind, während, wie in der Zellwand der Cellulosestoff, so hier der Mehlstoff im offen gebliebenen Ptychoderaume sich ausbildete und durch allmählige Volumerweiterung den Innenraum endlich verdrängte. Die Pilen mögen, hierbei die Stelle des Zellkerns vertretend, Zeuger der inneren Schlauchhaut sein. Eine fortgesetzte, vom Innenraum nach der Hüllhaut hin gerichtete Ausstülpung der inneren Schlauchhaut mag die weitere Zerklüftung der Mittelkörnchen-Wandtheile in Kleinkörnchen vermitteln.

Hier tritt nun eine weitere, beachtenswerthe Erscheinung auf. In den Mittelkörnchen mit drei- und viertheiligem erweitertem Innenraume, in denen eine weiter fortgesetzte Furchung der spindelförmigen Wandtheile noch nicht eingetreten ist, sehen wir die Zahl der Pilen vermehrt, scheinbar im Innenraume des Mittelkorns lagern (d, e, g, l). Andere Mittelkörnchen findet man, in denen die weitere Zerklüftung der Wandtheile begonnen aber nicht vollendet ist. In solchen Fällen liegen die Pilen nicht mehr im Innenraume des Mittelkörnchens, sondern am Ende eines in die Wandung einschneidenden Spaltes (m und Fig. 48), so dass man der Ansicht geneigt wird: es spiele die Pile bei der fortschreitenden Zerklüftung eine active Rolle.

Nehmen wir an: es seien, durch Vermittelung der Pilen eintretende Ausstülpungen der inneren Schlauchhaut, welche bis zum Mittelpunkte der bis daher ungetheilten Section vordringen; dass von der Pile aus eine neue Schlauchhaut an dieser Stelle entstehe und von dieser die weitere Zerklüftung durch Ausstülpungen in gleicher Weise, nach Vervielfältigung der Pilen, vermittelt werde, so zeigt sich auch hierin manches Uebereinstimmende mit dem Verhalten des Zellkerns bei der Bildung von Tochterzellen, wie diese in den Figuren Taf. II, Fig. 24—26 aus dem Endosperm der Cucurbitaceen dargestellt ist.

Nach der hier vorgetragenen Hypothese würden die Pilen, nachdem sie die Zerklüftung der Sectionen vollendet haben, endlich nicht mehr im Innern der Kleinkörnchen, sondern zwischen denselben lagern, und es kann wohl sein, dass sie hier zur Bildung des kleinkörnigen Klebermehls Veranlassung sind, dessen Lagerung zwischen den Stärkemehlkörnchen unzweifelhaft ist.

Bei der grossen Aehnlichkeit im Verhalten der Pilen mit dem des Zellkerns, erscheint die Annahme am natürlichsten, dass alle diese Vorgänge der Ausstülpung und der darauf beruhenden Bildung von Tochter-Mehlkörnchen zu einer Zeit geschehen, in welcher die zu sondernden Theile sich noch in einem flüssigen Zustande befinden. Wie es sich hier verhalte, weiss ich zur Zeit noch nicht, viele andere Thatsachen scheinen aber dafür zu sprechen: dass man der inneren Schlauchhaut das Vermögen zusprechen müsse, selbst fertig gebildete, verdickte Zellwände zu durchbrechen und mit der äusseren Hüllhaut der Zellwandung zur Bildung von Tipfelkanälen in Verbindung zu treten (§. 28, S. 27).

Es deutet ferner Nichts darauf hin, dass bei der, auf einem analogen Vorgange sehr wahrscheinlich beruhenden Selbsttheilung des Kernkörperchens zum Kranzkörperchen (Taf. II, Fig. 4—6), dass bei der Selbst-

theilung des Zellkerns (Taf. II, Fig. 20*, 25*) eine Verflüssigung der sich theilenden Masse eintrete. Druck und Reagentien wirken auf den in der Theilung begriffenen Zellkern nicht anders als vorher und nachher.

Endlich lässt sich auch, besonders schön in den eben hervorgebrochenen Trieben der Kartoffelknolle, mit Bestimmtheit nachweisen, dass die kleinsten, kugeligen Mehlkörnchen einer Vermehrung durch Selbsttheilung unterworfen sind (Taf. III, Fig. 10 a—f). Die Substanz dieser kleinsten Mehlkörnchen zeigt aber genau dasselbe Verhalten wie die des ausgewachsenen Mehlkorns, so dass auch für das hier vorliegende Mehlkorn des Hafers die Möglichkeit einer fortgesetzten Selbsttheilung noch innerhalb der bereits erstarrten Mehlmasse nicht ohne Weiteres von der Hand zu weisen sein dürfte. Bestätigt sich dies durch fortgesetzte Beobachtungen, zeigen sich auch am reifenden Haferkorne die Anfänge der Grosskörnchen schon als feste Massen, dann darf man annehmen, dass in den grösseren Sectionen der reifen Mittelkörnchen des Hafermehls die fortgesetzte Selbsttheilung durch eingetretene Reife unterbrochen, eine andere Veränderung der Zustände aber nicht eingetreten sei, dass die verschiedenen Zustände des reifen Hafermehls die geheimnissvolle Geschichte der Selbsttheilung in sich festgehalten und zur Erkenntniss gebracht haben. *)

Alle bis jetzt von mir untersuchten Haferarten enthalten mehrfach componirtes Stärkemehl, aber nur in Avena sativa fand ich die eigenthümliche, spindelförmige Selbsttheilung. Bei Avena orientalis, lanata, fusca, bulbosa, fatua, atherantbera, brevis, selbst im Samen der als Abarten von A. sativa betrachteten Kamtschatka-, Georgica-, Hampton- und Warwik-Hafer sind die Kleinkörnchen polyedrisch gepresste Rundkörner, in Form und Grösse nicht unterschieden von denen der Festucaceen und Agrostideen. Mit um so grösserer Sicherheit wird man den bei A. sativa sich kund gebenden Vorgang der Selbsttheilung auch auf die anderen Formen des componirten Stärkemehls übertragen dürfen, in denen er sich der directen Beobachtung entzieht.

Ziemlich gleichgebildet dem Mehle von Avena sativa ist das Mehl von Chloris (radiata).

Zwillings- und Drillingskörner ähnlicher Art wie bei Avena findet man in den Knollen von Ranunculus Ficaria. Anfang April bilden sich die Stolonen für die neuen Knollen. In diesen hat man das vollständige Material für die Ausbildung des Mehls, während gleichzeitig die Knollen des vorhergehenden Jahres das Material für die Wiederauflösung desselben liefern.

In den jungen Knollentrieben findet die Mehlbildung von einem centralen Zellkerne ausgehend statt. Taf. III, Fig. 2 a und b kann auch hierfür als Abbildung dienen. In den Trieben bis $^1/_3$ Zoll Länge sind die grössten Körner $^1/_{300}'''$, in den Trieben von $^2/_3$—1 Zoll Länge sind sie bis $^1/_{100}'''$ im Durchmesser gross, in jungen und älteren Trieben aber von gleicher Zwillings- oder Drillingsbildung, die in den älteren Trieben nur mehr verwachsen ist, sich aber doch immer noch, nicht allein durch äussere Einkerbungen, sondern auch durch Scheidewände zu erkennen giebt, die durch Jod nicht gefärbt werden. An der Basis der einzölligen, neuen Triebe sind fast alle Stärkekörnchen zu einer Grösse von $^1/_{100}$ Linie herangewachsen. Die grosse Mehrzahl derselben lässt eine Zusammensetzung nicht mehr erkennen. Demohnerachtet muss diese Zusammensetzung dennoch fortbestehen, denn in den vorjährigen Knollen sieht man die grossen Körner wieder in Kleinkörnchen zerfallen, ehe sie zu Zucker sich umbilden und der Beobachtung entschwinden. Diese Kleinkörnchen lassen die, in der vorhergegangenen Zusammensetzung zu Grosskörnern erlittene Pressung noch recht gut erkennen, in

*) Noch zur letzten Stunde, bei der Correctur dieses Bogens kann ich Einiges, wenigstens über die früheren Entwickelungszustände des Hafermehls nachtragen, bestätigend die vorstehend ausgesprochenen Vermuthungen. Der Zellkern ist auch hier die Bildungsstätte des Mehlkorns. Es gelangt aus ihm in den Ptychoderaum, wenige Tage nach vollendeter Bestäubung, in der Form kleiner Brutbeutel, deren Körnchen anfänglich von Jod nicht blau sondern gelb gefärbt werden. Diese Körnchen verwandeln sich alsdann in die kleinsten molekularen Stärkekörnchen, die sehr bald, durch innere Selbsttheilung, die Form von Kranzkörpern erhalten. Letztere wachsen sehr rasch zu grösseren Mehlkörnern heran. In dem Maasse als dies der Fall ist, mehrt sich die Zahl der Kleinkörnchen innerhalb eines jeden Grosskornes, indem jedes der ersteren durch Intussusception wächst und sich wiederum durch Selbsttheilung spaltet. Bis jetzt zeigen die Kleinkörnchen noch nicht die regelmässige Spindelform, sondern meist die Form mehr oder weniger polyedrisch gepresster Kugeln, nicht wesentlich verschieden von Taf. I, Fig. 78, Taf. II, Fig. 36, Taf. IV, Fig. 22 d. Die Spindelform bildet sich also erst mit herannahender Reife und scheint das Produkt einer erst dann eintretenden symmetrischen Selbsttheilung, regelmässiger Lagerung und stärkerer Pressung zu sein, letztere als Folge aufhörender Erweiterung der Hüllhaut bei noch fortdauerndem Wachsthum der in letzterer eingeschlossenen Mittel- und Kleinkörner. Im jugendlichsten Zustande, so weit hinab als eine mikroskopische Beurtheilung der Substanz des Mehlkorns überhaupt möglich ist, zeigt sich diese von der des ausgewachsenen Mehlkorns nicht verschieden, und die von innen nach aussen vorschreitende Selbsttheilung geschieht daher sicher nicht in einem flüssigen Medium, wenn dies auch weicher sein mag als die Substanz des reifen Mehles.

schnabelförmigen Fortsätzen und eckigen Formen, wie dies Taf. IV, Fig. 24 c in einem einzelnen nebengezeichneten Körnchen aus Sparganium ramosum zeigt, in dessen Mehlzellen eine ähnliche Bildung vorkommt.

In Bezug auf Vielfältigkeit der Einschachtelung schliesst sich dem Hafermehle das Mehl von Stipa (pennata) an. Die Grosskörner, mit reichlicher Zwischenlagerung von Klebermehl, erreichen hier einen Durchmesser von $^1/_{200}'''$. Auch zwischen den Mittelkörnern lagert noch Klebermehl. Die Kleinkörnchen, bei einem Durchmesser von nur $^1/_{800}'''$ zeigen sich immer noch componirt in Kranzkörperform, ähnlich den Kleinkörnern von Nuphar Taf. III, Fig. 41—44.

Die physiologische Bedeutung, welche die in den Spaltungsflächen des Hafermehls liegende Pile zu haben scheint, giebt auch dem Mehle des Samenkorns der Commelineen anatomischen Werth. Die feinsten Scheibenschnitte aus dem Samenkorne von Tradescantia (grandiflora) mit schwacher Jodlösung behandelt, zeigen im Innern eines jeden der, im Grosskorne stark comprimirten Kleinkörnchen einen verhältnissmässig sehr grossen, ungefärbten Innenraum, um den nur eine, im Vergleich zu anderen Mehlkörnern schmale Wandungsschicht vom Jod blau gefärbt wird. In dem ungefärbten Innenraume lagert ein kleines Kügelchen, das durch Jod braun wird (Taf. I, Fig. 80). Aehnliches sieht man an den feinsten Schnitten aus dem Samenkorne von Alpinia, Piper und in einigen anderen mir nicht mehr gegenwärtigen Fällen. Sehr wahrscheinlich sind diese Pilen gleichwerthig denen des Hafermehls, so wie kleiner Kügelchen am blinden Ende des Tipfelkanals vieler Epidermidalzellen, auf deren Vorkommen ich schon in meinem Lehrbuche der Forstbotanik (Taf. 31, Fig. 6) aufmerksam gemacht habe.

Vergleicht man das Stärkemehlkorn des Reis (Taf. I, Fig. 78) mit dem des Hafers (Taf. II, Fig. 47), der gelben Seelilie (Taf. III, Fig. 38—44), des Taumellolchs (Taf. I, Fig. 79), des Kammgrases (Taf. I, Fig. 77), des Haargrases (Taf. I, Fig. 76), des Stachelgrases (Taf. II, Fig. 47—52); vergleicht man letzteres mit den geschichteten Mehlkörnern des Roggens (Taf. III, Fig. 16 a), der Bohne (Taf. III, Fig. 15 e); vergleicht man dieses mit Scheibenschnitten aus dem Stärkemehl der Kartoffel (Taf. III, Fig. 26, 27, 30, 31), diese mit Querschnitten aus den dickwandigen Zellen des Endosperm der Palmennüsse (vegetab. Elfenbein Taf. II, Fig. 41), letztere mit Querscheiben aus irgend einer dickwandigen Holz- oder Bastfaser (Taf. II, Fig. 42, 46), so wird man der Ansicht sich nicht entziehen können: dass, wie in der Zelle die Cellulosewandung, so im Mehlkorne die Mehlwandung zwischen den beiden Häuten eines Ptychodeschlauches sich ausbilde, und dass es physiologisch gleichwerthige, aus dem Zellkerne stammende Körper seien, welche in der Zellwand und im geschichteten Mehlkorne zu den Schichtungen des Astathebandes untereinander verwachsen, während sie im gekörnelten Mehlkorne in ihrer ursprünglichen Absonderung verharren und, entweder durch fortgesetzte, vollständige Selbsttheilung bis zu molekularer Grösse sich verkleinernd, die Kleinkörnchen des Mehles von Cenchrus, Cynosurus, Elymus bilden, oder zu grösseren Mittel- und Kleinkörnchen unter Selbsttheilung innerhalb einer bleibenden Hüllhaut heranwachsen, das mehrfach componirte Mehlkorn von Avena, Oryza, Arundinella, Stipa, Nuphar oder das einfach componirte Mehlkorn von Lolium, Eleusine, Piper, Alpinia bildend.

ε) Kernbildung.

§. 84. Einen inneren, weichen, halbflüssigen, nicht geschichteten, sogenannten Kern, der sich durch Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure oder mit wasserfreiem Alkohol in eine innere Höhle verwandeln soll, kann ich nirgends auffinden. Wo eine innere Höhlung vorhanden, d. h. wo diese durch Compressionsfalten der Ablagerungsschichten nicht völlig ausgefüllt ist, da erscheint mir dieselbe stets leer, d. h. mit Luft erfüllt. Vielleicht steht das, was man für einen Kern hielt mit Einstülpungen der Zellwand in den Innenraum in Beziehung, wie Taf. III, Fig. 35 einen solchen Fall aus Iris florentina darstellt. Auch die Angabe: dass die inneren Schichten weicher und gelatinöser sein sollen als die äusseren finde ich nicht bestätigt. An, in Wasser liegenden Scheibenschnitten expandiren sich die, unmittelbar unter der äusseren Grenzschicht gelagerten Schichten ohne Zweifel am frühesten und am stärksten. Ein ungefärbter Kern, der sich innerhalb der blauen Schichten des Mehls von Ervum und Phaseolus zeigt, wenn man mit Jodalkohol getränkte Körner unter Deckglas in Alkohol bringt und verdünnte Schwefelsäure nachziehen lässt, gehört unzweifelhaft den Mehlschichten selbst an, zeigt aber allerdings insofern ein abweichendes Verhalten als er sich ungefärbt und ohne vorhergehende Expansion in der Schwefelsäure-Alkohol-Mengung auflöst, nachdem er von den blau gefärbten, aufquellenden Schichten ausgestossen wurde. An Scheibenschnitten dieser Mehlarten, die in wässrige Jodlösung oder in Jodglycer gebracht werden, giebt sich ein Unterschied in der Färbung der äusseren und der inneren Schichten nicht zu erkennen.

2. Vorkommen des Stärkemehls.

§. 85. Mit Ausschluss der Pilze und Schwämme ist das Stärkemehl ein, in allen übrigen Pflanzengruppen sehr verbreiteter Reservestoff. Es findet sich dasselbe stets nur im Innern der Zellen, am reichlichsten in denen der Wurzeln, Knollen, Zwiebeln, Stolonen mehrjähriger Pflanzen mit einjährigem Stengel, aber auch solcher Pflanzen mit mehrjährigem Stengel, die im Winter ihre Belaubung verlieren. Hier sammelt es sich im Sommer und Herbste, ruht den Winter über und wird im Frühjahre durch einen, dem Keimungsprocess des Samenkorns gleichen Vorgang in Bildungssaft zurückgeführt und zur Bildung der neuen Triebe und des neuen Laubes in bereits erwähnter Weise verwendet. In Knollen, fleischigen Wurzeln, in Zwiebeln und Stolonen ist es meist nur das reichlich vorhandene, parenchymatische Zellgewebe, in dem sich Stärkemehl bildet, die Organe des Fasergewebes sind in der Regel frei davon; in der holzigen Wurzel der Gesträuche und Bäume werden auch die Faserbündel des Holzkörpers und in dieser nicht allein die Markstrahlen und die Zellfasern, sondern meist auch die ächten Holzfasern, mitunter auch die Holzröhren, besonders deren Tillen (blasige Erweiterungen der, den Holzröhren benachbarten Zellfasern, in das Lumen der Holzröhren, die meist erst im dritten Jahre der Holzlage, oft noch später entstehen, und als sackförmige Erweiterungen der Schlichthautflächen nach aussen betrachtet werden müssen), zur Bildungsstätte des Mehls. Im mehrjährigen Stamme der Holzpflanzen genügt aber selbst dieser erweiterte Magazinirungsraum nicht zur Ablagerung des jährlichen Bedarfs an Reservestoff, es erweitert sich derselbe auch in alle oberirdischen, bleibenden Baumtheile, und selbst im Kernholze älterer Bäume sehen wir das Stärkemehl alljährlich im Frühjahre verschwinden, im Herbste wieder neu sich bilden, ein schlagender Beweis, dass auch hier die Function der Elementarorgane in Bildung und Umbildung der zugeführten Säfte nicht erlischt.

Die Spiralgefässe des Markcylinders, die Siebfasern und Siebröhren der Bastschichten sind die einzigen Organformen, in denen ich Stärkemehl bis jetzt nicht gefunden habe. In der Mehrzahl der Fälle sind jedoch auch die Fasern und Röhren des Holzkörpers oberirdischer Baumtheile frei von Stärkemehl, während es in den Zellfasern sowohl des Holz- als des Bastkörpers zur Winterszeit nie fehlt.

Auch das Zellgewebe einjähriger Stengel, das der Blätter, Blüthen und Früchte bildet vorübergehend Stärkemehl für kürzere Perioden des Vegetations-Cyclus. In diesen Pflanzentheilen verschwindet es jedoch grösstentheils mit vollendeter Ausbildung oder herannahender Reife und wird, in flüssigen Bildungssaft verwandelt, entweder von den bleibenden Pflanzentheilen aufgenommen, oder es verbleibt denselben, namentlich den Früchten, meist in veränderter Form und Bestand.

Kleine Mengen Stärkemehl bilden sich häufig in der Spitze der Pollenschläuche. Aussergewöhnliche Mengen desselben fand ich in den Pollenschläuchen der Cucurbitaceen, die vom Pollenkorne abwärts oft zollweit in das leitende Zellgewebe des Fruchtknotens hinein dicht damit erfüllt sind. Die Säftemasse vieler Pollenkörner, besonders der Cerealien, ist dicht erfüllt mit sehr kleinkörnigem Stärkemehl.

Verhältnissmässig weit seltner findet sich Stärkemehl in den Samenlappen, im Perisperm und Endosperm reifen Samens; nur die Sämereien der Gräser und der meisten Wasserpflanzen, der Cycadeen, einiger Nadelholz- und Amentaceen-Gattungen (Araucaria, Salisburia, Quercus, Castanea), der Same vieler Hülsengewächse, der Polygoneen, Aesculaceen, Laurineen, Cistineen, Sapindaceen enthalten vorherrschend Stärkemehl, jedoch nie ohne Beimengung von Klebermehl meist in denselben Zellen. Gewiss $^{9}/_{10}$ aller höher entwickelten Pflanzen fehlt das Stärkemehl im reifen Samenkorne, und ist dort durch Klebermehl vertreten. Im unreifen Samenkorne auch dieser Pflanzen findet es sich jedoch häufig als Uebergangsbildung zum Klebermehle oder als Uebergangsbildung vom Klebermehle zum Bildungssafte bei der Keimung. Eine vollständigere Uebersicht enthält der §. 98.

Ein Gesetz im Vorkommen des Stärkemehls lässt sich nicht auffinden. Von nahe verwandten Gattungen wie z. B. Quercus und Corylus, Castanea und Fagus, Phaseolus und Lupinus, enthalten erstere vorherrschend Stärkemehl, letztere nur Klebermehl.

Stärkemehl kommt im reifen Samen nie ohne zwischengelagertes Klebermehl vor, dagegen enthalten die meisten Sämereien nur Klebermehl und keine Spur von Stärkemehl.

Auch im Samenkorne hat das Stärkemehl die Bedeutung eines von der Mutterpflanze dem Embryo mitgegebenen Reservestoffes, der sich im Keimungsprocesse zu Bildungssaft wieder auflöst und das Material zur Entwickelung des Keims bis zu demjenigen Zustande liefert, in welchem derselbe geschickt wird, Rohstoffe aus seiner Umgebung nicht allein aufzunehmen sondern auch zu assimiliren.

Ueber das Vorkommen stabförmigen Stärkemehls in den Lebenssaftgefässen der Euphorbien habe ich bereits vorstehend gesprochen. In neuester Zeit habe ich eine hier einschlagende, sehr auffallende Beobachtung am Milchsafte einiger Umbelliferen gemacht. Die sehr dünnhäutigen, von Milchsaft absondernden Zellen umstellten (der Inhalt dieser Zellen wird, wie der Milchsaft selbst, durch Ammoniak goldgelb gefärbt), an der inneren Seite der peripherischen Bastbündel stehenden Lebenssaftgefässe, enthalten bei Heracleum, Pastinaca, Aegopodium etc. einen ungefärbten, dickflüssigen Saft, dessen Tropfen in Jodglycer eine goldgelbe Färbung erhalten, die sich bei vielen rasch in Violettroth endlich in ein dunkles Blau verändert, während in anderen Tropfen nur kleine Kügelchen diese Färbung erhalten, noch andere Tropfen goldgelb bleiben. Offenbar enthält auch hier der Milchsaft Stärkemehl, und zwar in sehr kleinen Körnchen, die mehrfach componirt in Brutbeutel eingeschlossen sind (ähnlich Taf. IV, Fig. 22 d), wovon man sich durch gelinden Druck auf das Deckglas leicht überzeugt, wenn man die Saftkugeln in Jodglycerin isolirt hat. Am geeignetsten zur Untersuchung ist Pastinaca, da hier die jungen Triebe kein anderes Stärkemehl enthalten, dessen Mengung mit dem Lebenssafte zu Irrthum Veranlassung geben könnte.

3. Entstehung des Stärkemehls.

§. 86. Das Stärkemehl entsteht entweder schon im Zellkerne selbst, ehe dieser seine Form und Grösse verändert und tritt als fertig gebildetes, wenn auch noch nicht ausgewachsenes Mehlkorn vom Zellkerne aus in den Ptychoderaum, oder es bildet sich in Mikrophysaliden, nachdem diese vom Zellkerne sich getrennt haben.

Wir erörtern hier nur den ersten dieser beiden Fälle (der zweite Fall findet unter D, §. 90—91 seine Erörterung), und unterscheiden in diesem wiederum die Entstehung componirter Mehlkörner von der Entstehung vereinzelten Mehles.

Die Entstehung des Stärkemehls als ursprünglich componirte Körner ist ohne Zweifel die vorherrschende Bildungsweise, selbst da, wo die Körner später sämmtlich isolirt auftreten und es ist bemerkenswerth, dass in dieser Beziehung Verschiedenheiten selbst in ein und derselben Pflanze auftreten. Das Mehlkorn der Kartoffelfrucht und das der Kartoffelknolle bildet sich ursprünglich einfach in Mikrophysaliden, das Mehlkorn der Kartoffelkeime hingegen tritt als ursprünglich componirtes Korn fertig gebildet aus dem Zellkerne und isolirt sich erst mit zunehmendem Wachsthum zu vereinzelten Körnern. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man Kartoffelknollen keimen lässt und Querschnitte aus den 1‴ langen Keimen der Untersuchung unterwirft. Zunächst der Epidermis sowohl als in den Grenzzellen des Faserbündelkreises, sieht man dann die meist componirten Mehlkörner theils noch innerhalb des centralen Zellkerns einen kugeligen Ballen bildend, theils durch Erweiterung der Hüllhaut des Zellkerns von diesem bereits abgetreten. In den älteren Zellen hingegen sind die Mehlkörnchen sämmtlich vereinzelt. Behandlung mit Karminlösung zeigt den roth gefärbten, aus dem Kernkörperchen regenerirten Zellkern, im Innern des, durch die Hüllhaut des ursprünglichen Zellkerns noch zusammengehaltenen Mehlkörnchenballens.

Ohne Zweifel sind es die, wie ich bereits gezeigt habe, begrenzten und wahrscheinlich hüllhäutigen Kernstoffkörper des Zellkerns, in denen, noch vor deren Diffusion, die Umbildung ihrer Substanz zu Stärkemehl vor sich geht. Hier giebt sich ein weiterer Unterschied in der Entwickelung zu erkennen, je nachdem der, in allen seinen Theilen zu Stärkemehl umgebildete Kernstoffkörper aus dem Zellkerne vereinzelt hervortritt (Taf. II, Fig. 38; Taf. III, Fig. 18 f), oder ein oder mehrere Stärkekörnchen in der Substanz des Kernstoffkörpers entstehen, welche letztere auch nach der Diffusion die Stärkekörnchen noch umgiebt und erst mit zunehmendem Wachsthum derselben nach und nach resorbirt wird.

Diesen letzteren Fall stellt Taf. III, Fig. 2 aus den grossen, die Faserbündel unmittelbar begrenzenden Zellen der reifen Kürbisfrucht dar. Wir sehen hier die dunkel gezeichneten, Taf. III, Fig. 10 a—h grösser dargestellten, componirten Mehlkörnchen vereinzelt auf die Oberfläche des grünen Zellkerns hervortreten und von dort aus in den Intracellularkanälen sich verbreiten. Die grüne Farbe des Zellkerns deutet darauf hin, dass einzelne Mehlkörnchen den Chlorophyllzustand im Innern des Zellkerns verbracht haben. In anderen, oft unmittelbar benachbarten Zellen geschieht die Diffusion der Mehlkörnchen durch allseitige Erweiterung der Hüllhaut des Zellkerns. Diesen Fall zeigt Taf. III, Fig. 2 b, in der ich, der Raumersparniss wegen nicht die ganze Zelle, sondern nur den centralen Zellkern und einen der Intracellularkanäle gezeichnet habe, letzteren örtlich verdickt

von durchgehendem Ptychodesafte, der in der unteren Weitung Stärkekörnchen mit sich führt. In der Mitte der centralen Körnchenmasse sieht man den neuen, aus dem Kernkörperchen regenerirten Zellkern.

Wenn ich oben von „ursprünglich componirtem Stärkemehl“ gesprochen habe, so meine ich damit nicht mehr, als dass diese Körnchen schon im componirten Zustande aus dem Zellkerne hervorgehen, wie dies Taf. III, Fig. 10 a—h darstellt. Man sieht darunter Einzelkörnchen, Zwillinge, Drillinge, Vierlinge, Mehrlinge und darf wohl annehmen, dass sie alle, innerhalb des Zellkerns, einfache Kernstoffkörper gewesen sind, die schon als solche durch innere Selbsttheilung zu kranzkörperähnlichen Gebilden sich umgestalteten (Taf. I, Fig. 50—53), deren Theilkörperchen dann erst, von innen nach aussen fortschreitend, eine Umbildung ihrer Substanz in Stärkemehl erlitten. Der Unterschied vom Hafermehle mag eben wohl nur darin liegen, dass hier die Selbsttheilung schon im Zellkerne vollendet ist, während sie im Hafermehle (§. 82) bis zur Vollendung des Zuwachses auch ausserhalb des Zellkerns sich noch fortsetzt.

Es ist nicht zu verkennen, dass der Unterschied in der Entwickelung, wie ihn Fig. 2 und 10 giebt, von dem in Fig. 1 und 7 dargestellten eben nur darin besteht, dass es hier Stärkekörnchen, dort Chlorophyllphysalide sind, die vom Zellkerne aus in den Ptychoderaum übergehen.

Die Entwickelung des ursprünglich componirten Stärkemehls in den jungen Trieben der Kartoffelknolle ist eine, der eben dargestellten sehr ähnliche, und besitzen wir in der Kartoffel ein Material, das sich zu jeder Zeit der controlirenden Beobachtung darbietet. In den der Oberhaut und in den dem Bündelkreise zunächst liegenden Zellen sieht man den centralen Zellkern noch in normaler Bildung. In den entfernteren Zellen tritt zuerst die Körnelung der Kernstoffmasse des Zellkerns deutlicher hervor und man überzeugt sich durch Jodlösung leicht, dass noch innerhalb desselben die Körnchen blau gefärbt werden, also schon hier in die Natur des Stärkemehls unmittelbar übergegangen sind. Taf. III, Fig. 12 b aus Quercus, dient auch hierfür als Abbildung, nur dass die Körnchen nicht einzeln sondern componirt sind, wie bei Tropaeolum Taf. IV, Fig. 6—8. Weiterhin tritt die Diffusion der Körnchen unter allseitiger Erweiterung der Hüllhaut des Zellkerns ein, der Art, dass die, nun sich vereinzelnden Mehlkörnchen fortdauernd einen, in der Mitte des Zellraums aufgehängten, kugeligen Ballen bilden, ähnlich Taf. III, Fig. 12 c.

Wenn die grösseren Mehlkörnchen einen Durchmesser von $^1/_{200}'''$ erreicht haben, sieht man nur noch vereinzelte Körner, selbst die kleinsten, nur $^1/_{800}'''$ messenden Körnchen sind dann einfach. Die zusammengesetzte Form der Mehlkörner ist daher das Jugendkleid, und es gehört zu den Ausnahmen, wenn die Mehlkörner, wie in den oben genannten Pflanzenfamilien, für immer in der Zusammensetzung verharren.

Ueber die Entstehung von Chlorophyllphysaliden und von Stärkemehl im Innern des Zellkerns der Zellen von Mamillaria pusilla, nivea, tenuis, über Mehlbildung in den Zellkernen von Euphorbia mamillaria habe ich in der Bot. Zeitung 1855, S. 163 und 165 Bericht erstattet.

Die Entstehung vereinzelter Stärkemehlkörner im Innern des Zellkerns scheint selten zu sein. Unzweifelhaft habe ich sie erst in Vicia Faba aufgefunden.

In der Entwickelungsfolge der Zelle des reifenden Samenkorns dieser Pflanze, dargestellt Taf. III, Fig. 13 a—i, zeigt a den seitenständigen Zellkern, der durch eine Einstülpung des Ptychoderaumes und durch Makrophysalidenbildung ein centraler wird, zunächst Chlorophyllkörnchen bildet (b und c), die sich zu Klebermehl umbilden, worauf der Zellkern zweiter Generation einen Monophysalid entwickelt (d) und durch wiederholte Einstülpung abermals in die centrale Stellung gelangt (e). Dieser Zellkern zweiter Generation ist es nun, dessen Kernstoffkörper sich zu einzelnen, ursprünglich spindelförmigen Mehlkörnchen ausbilden. Taf. III, Fig. 17 a—d giebt die Entwickelungsfolge, in die der Zellkern Fig. 13 f zwischen b und c einzuschalten ist; der auf Fig. 17 d folgende Entwickelungszustand ist Fig. 13 g.

In Fig. 17 a wird der Zellkern, dessen Kernkörperchen durch die opak gewordenen, bestimmt begrenzten Kernstoffkörperchen der Beobachtung sich entzieht, durch Karmin noch rothgefärbt, man erkennt aber schon in jedem der Kernstoffkörperchen einen, durch Jodlösung sich blau färbenden, punkt- oder kommaförmigen Mehlkern. Letztere haben sich ohne wesentliche Vergrösserung des Zellkerns in Fig. 17 b und Fig. 13 f weiter ausgebildet zu spindelförmigen, sichelförmig nach dem Centrum des Zellkerns gekrümmten Mehlkörnchen, ohne Zweifel in Folge der Lagerung um einen, aus dem Kernkörperchen regenerirten, in Grösse zunehmenden, neuen Zellkern, dessen Wachsthum, vereint mit dem Widerstande, den die Hüllhaut des ursprünglichen Zellkerns leistet, die Kernstoffkörperchen, und mit ihnen den Mehlkern, in die sichelförmige Spindelform presst. In Fig. 17 c ist

dieser neue Zellkern, durch Karmin gefärbt, schon deutlich zu erkennen, in d hat er einen Monophysalid entwickelt, der in Fig. 13 g grösser geworden ist und einen neuen Ptychodeschlauch gebildet hat, in welchem die, auch hier noch spindelförmigen, aber nicht mehr gekrümmten Mehlkörnchen lagern, die sich von da ab erst zu der endlichen Eiform ausbilden.

Die geschilderte Bildung des Stärkemehls fällt in die Zeit, wenn die Samenlappen der Bohne von Vicia Faba ungefähr $^1/_3$ ihrer endlichen Grösse erreicht haben.

Einen zweiten und dritten Fall der Entstehung vereinzelter Mehlkörner schon im Innern des Zellkerns, finde ich in den Samenlappen von Quercus und Aesculus. Taf. III, Fig. 12 b stellt diesen Fall aus Quercus dar; ich bin jedoch nicht sicher, ob nicht zwischen dem in a und b dargestellten Zustande noch eine, meiner Beobachtung entgangene Zwischenbildung stattfinde. Die Zellen und Zellkerne sind hier so sehr klein, dass ein Uebersehen auch bei der grössten Aufmerksamkeit leicht möglich ist.

Im Milchsafte der Euphorbien finden sich ausser dem Stärkemehle auch Zellkerne (Jahresberichte 1837, Taf. I, Fig. 19 c und d). Besonders die kurzgestielten, dickgeknöpften Mehlkörner habe ich einigemale von einer bläschenförmigen Haut umgeben gesehen und es ist mir wahrscheinlich, dass dies die Hüllhaut eines ursprünglichen Zellkerns war, dass auch hier das Mehlkorn sich unmittelbar im Zellkerne bilde. Mehr als Vermuthung ist dies jedoch nicht, da mir bis jetzt Uebergangsbildungen noch unbekannt sind (S. 96).

Vermehrung des Stärkemehls.

§. 87. Dass eine, meist langsam fortschreitende Vermehrung der Körnerzahl in jeder einzelnen Zelle stattfindet, zeigt die einfache Beobachtung jeder mehlbildenden Zelle. In Bezug auf die Art und Weise wie dies geschieht, haben wir wiederum die Einzelbildung von der Vermehrung durch Körnchentheilung zu unterscheiden.

Die Einzelbildung besteht darin, dass im Zellkerne selbst jeder einzelne Chlorogenkörper des Kernstoffs zu einem einzelnen Mehlkorne sich umbildet, wie dies die Entwickelungsfolge aus den Samenlappen von Quercus Taf. III, Fig. 12 b—d, die Entwickelungsfolge aus den Samenlappen von Vicia Fig. 17 a—d darstellt; dass, nach Diffusion der, auf diesem Wege entstandenen Mehlkörnchen in den Ptychoderaum, der aus dem Kernkörperchen regenerirte Zellkern eine zweite Mehlkörnchengeneration bildet, diese der ersten Körnchengeneration nachsendet und so fort unter fortdauernder Regeneration des Zellkerns, bis die Zelle mit der ihr entsprechenden Zahl von Mehlkörnchen erfüllt ist.

Sehr verschieden hiervon ist die Vermehrung des, im Mikrophysalid entstehenden, ursprünglich einfachen Mehlkorns. Die schönsten Aufschlüsse dieses Vorganges giebt uns das reifende Samenkorn von Nuphar luteum.

Zur Blüthezeit sind die Zellkerne des Zellgewebes der Kernwarze sehr klein und meist wandständig, wie dies Taf. III, Fig. 13 a darstellt. Die Zelle enthält zu dieser Zeit noch gar keine körnigen Körper.

Bald nach dem Abblühen wird das Zellgewebe der Kernwarze grosszelliger, der Zellkern tritt in die Mitte der Zelle, (Taf. III, Fig. 12 a), seine Kernstoffmasse sondert sich zu Ballen, die sehr bald eine lebhafte grüne Farbe erhalten. (Taf. III, Fig. 13 b). Nun tritt eine bedeutende Erweiterung der Hüllhaut des ursprünglichen Zellkerns zu einem eiförmigen Körper ein (Taf. III, Fig. 37 a), innerhalb dessen Hüllhaut die grünen Kernstoffkörperchen sich zu grünen Mikrophysaliden ausgebildet haben. In Folge dessen sind sie so durchsichtig geworden, dass man jetzt im Innern der grünen Bläschen den, durch Selbsttheilung meist verdoppelten, aus dem Kernkörperchen regenerirten Zellkern liegen sieht. In jedem dieser, noch in die Hüllhaut des ursprünglichen Zellkerns eingeschlossenen, grünen Mikrophysalide entsteht jetzt ein einzelnes Mehlkörnchen, dessen geringe Grösse man ermessen kann, wenn ich sage: dass die grössten Mikrophysalide, wie sie in Fig. 39 durch einseitige Zerreissung der Hüllhaut vermittelst Druckes auf das Deckglas sich isolirt haben, nicht mehr als $^1/_{500}'''$ im Durchmesser messen. Demohnerachtet wird schon jetzt jedes einzelne Körnchen im Innern der grünen Saftbläschen durch Jodlösung deutlich blau gefärbt. Ausser diesen einfachen Mehlkörnchen, die, wenn sie zu bedeutenderer Grösse herangewachsen sind, theilweise einen centralen Schlagschatten erkennen lassen, sieht man in anderen Mikrophysaliden Körnchen, die durch Zwei-, Drei- und Vier-Theilung sich vervielfältigt haben, in ähnlicher Weise wie dies Taf. III, Fig. 10 darstellt. In noch anderen Mikrophysaliden haben sich componirte Körnchen gebildet, die dem Kernkörperchen des Zellkerns im Zustande des Kranzkörperchens so vollkommen gleich gebildet erscheinen, dass ich nicht anstehe die Meinung auszusprechen: es finde hier derselbe Entwickelungs-

und Mehrungsverlauf statt wie ich diesen, Seite 8, für das Kernkörperchen des Zellkerns dargelegt habe. In der That findet man gleichzeitig auch hier noch andere Mikrophysalide, in denen, durch Diffusion der peripherischen Globen, die Zahl der einfachen Mehlkörnchen sich vervielfältigt hat (Fig. 39).

Dem, in Fig. 37 a und 39 dargestellten Entwickelungszustande folgt die Bildung eines Monophysalid vom Zellkerne aus, wodurch die grünen Mikrophysalide in den Raum eines Ptychodeschlauches gelangen, dessen Ptychoide die Hüllhaut des ursprünglichen Zellkerns, dessen Ptychode der Monophysalid ist, wie dies Fig. 37 b darstellt.

Bei einem Zellendurchmesser von durchschnittlich $^1/_{25}'''$, bei einer Grösse der, im Ptychoderaume gelagerten Mikrophysalide von $^1/_{200}'''$, die schliesslich bis nahe $^1/_{100}'''$ steigt, setzt sich in letzteren die Körnerbildung fort, während die grüne Farbe derselben verschwindet, Fig. 37 c. Der Ptychoderaum erweitert sich auf Kosten des Innenraums immer mehr, theils durch fortdauernde Mehrung der Mikrophysalide, theils durch Vergrösserung jedes derselben, bis die ganze Zelle endlich mit ihnen dicht erfüllt ist, worauf die Mikrophysalide durch gegenseitige Pressung polyedrische Formen erhalten, wie dies Fig. 37 d darstellt. Fig. 38 zeigt ein einzelnes $^1/_{100}'''$ dickes Grosskorn aus Fig. 37 d stärker vergrössert, dicht erfüllt mit kleinen Mehlkörnchen von $^1/_{1200}$—$^1/_{800}'''$ Durchmesser, die bei Nuphar so klein sind, dass an ihnen nichts weiter zu erkennen ist als die körnige, nur mitunter polyedrische Form. Wendet man sich hingegen an das Samenkorn von Victoria Regia, deren Kleinkörnchen eine Grösse bis zu $^1/_{300}'''$ erreichen, so erkennt man an vielen der isolirten Körnchen, wahrscheinlich in Folge unvollständiger Ausbildung, recht gut die Kranzkörperform, hier aber, dem Schlagschatten nach, ohne centralen Globus, wie dies die Folge der Abbildungen Fig. 41—44 darstellt. Nimmt man diese Figuren als Bildungsfolge an, und verfolgt man sie vom fertigen Körnchen Fig. 44 rückwärts, so wird man darin eine gewisse Uebereinstimmung finden mit dem Entwickelungsverlaufe der Zellwand, mit der Entstehung des Astathebandes derselben durch Verwachsung ursprünglich getrennter Globen, wie ich dies Taf. II, Fig. 45 und 46 abgebildet und §. 34 erläutert habe. Man könnte Taf. III, Fig. 44 als eine nackte Ptychodezelle betrachten, in deren Ptychoderaume viele kleine Körnchen gelagert sind, die in Fig. 42 und 43 zu einer geringeren Zahl grösserer Körnchen verschmelzen unter gleichzeitiger Massenmehrung, während in Fig. 44 auch diese grösseren Körnchen zu einer Stärkemehlwandung verschmolzen sind.

Die mehlführenden Zellen aus der Kernwarze von Nuphar, Victoria, Euryale, Froelichia etc. bleiben aussergewöhnlich dünnhäutig, indem sie nur die Cambialwandung und keine zweite Verdickungsschicht ausbilden. Zerschneidet man das ausgetrocknete Samenkorn, so zerbrechen die Zellwände und das Perisperm zerfällt in ein grobkörniges, weisses Mehl, bei Victoria bestehend aus den $^1/_8'''$ langen, $^1/_{12}'''$ dicken, polyedrischen Zellen. Behandelt man solche isolirte Zellen mit salpetersaurem Quecksilber, so wird das Mehl von diesem aufgelöst, die Hüllhäute desselben hingegen bleiben in ihrem, durch die gegenseitige Pressung eingetretenen, Zusammenhange im gleichfalls unzerstörten Ptychodeschlauche zurück, leicht erkennbar durch die zinnoberrothe Färbung, die ihnen das Reagens ertheilt. Behandelt man die Zelle Fig. 37 d in dieser Weise, so erhält man das Bild Fig. 37 e. Man sieht darin die Hüllhäute der Grosskörnchen und, durch diese hindurchscheinend, einen inneren, centralen Complex kleinerer Hüllhäute, ohne Zweifel eine zweite Generation von Grosskörnchen, die aus dem Kernstoff des Zellkerns sich entwickelte, aber noch nicht ihre volle Grösse der einzelnen Körnchen erlangte. Hat man die Zellen vor der Behandlung mit Quecksilber einige Zeit in Karmin gelegt, so sieht man nicht selten, im Innern dieses jüngeren Complexes, noch deutliche Spuren eines Zellkerns, wie ich dies in der Abbildung durch rothe Färbung angedeutet habe.

Aber nicht allein die Hüllhäute der Grosskörnchen bleiben bei Behandlung der Zellen mit salpetersaurem Quecksilber ungelöst, sondern in jedem Grosskörnchen erhalten sich auch die Umrisse der Kleinkörnchen erkennbar, wie dies Fig. 40 zeigt. Bei der geringen Grösse der Kleinkörnchen lässt sich zwar nicht mehr erkennen, ob es Hüllhäute dieser letzteren sind, die zurückbleiben, man wird aber auch gegen die, auf Analogien gegründete Annahme, dass dem so sei, nichts Wesentliches einwenden können.

Dass die unzählbare Menge von Kleinkörnchen (Fig. 41—44) in jedem Grosskörnchen (Fig. 38) auf dem Wege fortgesetzter Selbsttheilung und Globen-Diffusion von einem Kranzkörperchen aus entstehen, dass es die, Fig. 39 dargestellten Saftbläschen sind, deren Hüllhaut zur Hüllhaut des Grosskorns wird, deren Mehlkörnchen als solche durch fortgesetzte Theilung sich mehren und zu den Kleinkörnchen werden, lässt sich hier mit einer solchen Schärfe und Bestimmtheit verfolgen, dass über den geschilderten Vorgang auch nicht der leiseste Zweifel bleibt,

Ich scheue mich daher nicht den Satz auszusprechen: dass das Mehlkorn, wenn auch nur in seinem jugendlichsten Zustande, doch immerhin schon als entschiedenes Mehlkorn einer Mehrung durch Selbsttheilung und Globenbildung fähig sei, in ähnlicher Weise wie das Kernkörperchen des Zellkerns; dass das Mehlkorn daher nicht allein organischer Stoff, sondern Organismus sei, der ohne Hüllhaut nicht bestehen kann. Damit fällt dann die Ansicht von einer freien Ausscheidung des Mehlstoffs aus dem Zellsafte, von einem Wachsthum des Mehlkorns durch Ablagerung neuer Schichten auf die Aussenfläche vorgebildeter Schichtungen.

Auch das Mehl im Wurzelstocke der Spiraeen mit einjährigem Stengel bildet, von einer Hüllhaut umgebene Grosskörner (Taf. III, Fig. 36), in welchen die Kleinkörner wie im Samen von Arum grösstentheils componirt sind (a—d). In der Mehrzahl der Fälle ist es ein kranzkörperförmiges, componirtes Mehlkorn (d), welches den Mittelpunkt des Grosskorns einnimmt, die zwei-, drei- und viertheiligen Mehlkörnchen (a—c) umlagern dann den centralen Kranzkörper. Nach Analogie des Kernkörperchens im Zellkerne wäre es der centrale Globus, der sich wiederholt zur Kranzkörperform entwickelt, während die auf diesem Wege entstandenen, peripherischen Globen durch Selbsttheilung sich vervielfältigen.

Die Umbildung der, ursprünglich einfachen in componirte Mehlkörnchen durch Selbsttheilung, findet nun häufig schon innerhalb des, in Grösse und Form noch unveränderten Zellkerns statt. Die jüngsten Keime der Kartoffelknolle, die Fruchtzelle des Kürbis (Taf. III, Fig. 2, §. 86, 80) liefern Beispiele. Diese aus dem Zellkerne hervorgehenden, componirten Stärkekörnchen bleiben dann entweder für immer componirt, z. B. das Mehl der Muscatnuss, des Loranthus etc., oder sie zerfallen in Einzelkörnchen wie im Kartoffelkeime. Fälle, in denen auch ausserhalb des Zellkerns eine Vermehrung der Stärkekörnchen durch fortgesetzte Selbsttheilung noch stattfindet, vermag ich mit Bestimmtheit nicht nachzuweisen; dass die Selbsttheilung unter Clausur häufig eintritt, haben wir am Hafermehle, am Mehle vieler anderen Getreidearten und an dem der Seerose gesehen.

5. Auflösung des Stärkemehls im Keimungsprocesse.

§. 88. Leider fehlt uns noch jedes Mittel denjenigen Stoff an sich optisch erkennbar zu machen, in welchen das Stärkemehl im Keimungsprocesse sich umbildet. Eine Auflösung der Mehlkörner als solche findet nicht statt, denn nirgends und in keinem Stadium der Keimung stärkemehlhaltiger Sämereien habe ich flüssige, durch Jodlösung sich blau färbende Stoffe aufgefunden. Wir müssen daher annehmen, dass die Mehlsubstanz im Augenblicke ihrer Auflösung und Trennung vom Mehlkorne eine chemische Veränderung erleide, in welcher die Reaction auf Jod verschwindet. In der Mehrzahl der Fälle, so bei Quercus, Castanea, Vicia, erkennt man im Verlaufe der Keimung durch das Mikroskop nichts weiter als eine zunehmende Verringerung der Zahl, bis zum Verschwinden des letzten Mehlkorns, aber auch dies zeigt sich alsdann noch ebenso geformt und wird von Jod noch ebenso blau gefärbt wie im reifen Samen vor der Keimung. Man kann sagen: die Mehlkörnchen verschwinden ohne vorhergehende, erkennbare Veränderung nach und nach der Beobachtung, wobei bemerkenswerth ist, dass die Zellen in der Umgebung der Faserbündel ihr Stärkemehl am längsten behalten.

Aber nicht in allen Fällen zeigen sich die Mehlkörner bis zu ihrem Verschwinden unverändert. Bei Phaseolus erweitert sich der, schon im Mehlkorne des ungekeimten Samens grosse Innenraum (Taf. III, Fig. 14, 15 e), die inneren Ränder der Mehlschichten erscheinen wie angefressen und werden nach und nach schmaler, aber fortdauernd durch eine granulirte Haut in ihrer ursprünglichen Lage und Verbindung festgehalten, wie dies Taf. III, Fig. 15 a—d darstellt. Nur sehr selten sah ich die angefressenen, sichelförmigen Mehlränder aus ihrer Verbindung gerissen, wie Topfscherben unregelmässig nebeneinander liegen (c).

Taf. III, Fig. 16 a—e stellt die Veränderungen dar, welche das Roggenmehl beim Keimungsprocess erleidet und zwar in fortschreitender Folge. a ist das Mehlkorn vor der Keimung. In b hat sich, durch einen von Jodlösung nicht mehr blau gefärbten, kugelmantelförmigen Spalt, ein innerer Kern von einer äusseren Schale getrennt, gleichzeitig hat sich aber auch der Kern, vom Innenraume aus, in mehrere Stücke zerspalten. Diese, wie mir scheint, mit einer von Jodlösung nicht mehr gefärbten Flüssigkeit erfüllten Spalten, erweitern sich dann zu tipfelkanalförmigen Gängen in die Mehlsubstanz (c—d), wodurch diese in immer kleinere Portionen zerfällt, ohne dass das Korn dadurch seine ursprüngliche Form verliert. Zuletzt erscheint dasselbe als ein Bläschen, dessen innerer Wand nur noch geringe Mengen einer Substanz anhängen, die von Jodlösung noch blau, von salpetersaurem Silber aber schwarz gefärbt wird.

Es ist eine bemerkenswerthe Thatsache, dass, wenn man ungefähr 14 Tage nach vollzogener Bestäubung, dem unreifen Roggenkorne unreife Mehlkörner entnimmt und diese im Compressorium mit Jodglycer in Berührung bringt, die grösseren, stark gepressten Körner dieselben, Fig. 16 b und c dargestellten Bilder zeigen, welche in der Keimung sich ohne Pressung durch Jodlösung zu erkennen geben. Man muss daraus folgern: dass, wie das Haferkorn, so auch das deutlich geschichtete Roggenkorn mehrfach componirt sei, dass die Theilkörper durch stärkere, natürliche Compression innerhalb ihrer Hüllhaut der Beobachtung entschwinden, dass sie im reifen Korne zu den deutlich unterscheidbaren concentrischen Schichtungen untereinander verwachsen sind, in der Keimung hingegen, durch Volumverringerung jedes einzelnen Theilkörperchens sich als solche wiederum zu erkennen geben.

In einem anderen Falle — ich weiss nicht mehr bei welcher Pflanze — sah ich die Mehlkörnchen während des Keimens in immer kleinere, scharfkantige Stücke zerspringen, dagegen ist mir noch kein Fall vorgekommen, in welchem die Körnchen von aussen angefressen erscheinen, wie dies Fritsche angiebt.

Dass an die Stelle des Stärkemehls während des Keimens Stärkegummi (Dextrin) und Zucker treten, wissen wir aus den Veränderungen, welche das Getreide beim Malzen erleidet; wir können das Vorhandensein dieser Stoffe durch Reduction von weinsaurem Kupferoxydkali nachweisen, aber wir haben kein Mittel sie selbst für das Mikroskop kennbar zu machen, müssen uns daher mit der Annahme begnügen: dass es Zucker oder ein zuckerartiger Stoff sei, in welchen sich das Mehl umbilde, dass die Lösung desselben, von Zelle zu Zelle wandernd, dem Keimpflänzchen zugehe, entweder unmittelbar aus den Samenlappen zu ihm herabsteigend, oder aus dem Endosperm oder Perisperm von den ersten Blättern des Keimlings aufgesogen werde, in welchem es sich häufig wiederum zu Stärkemehl umbildet — der Keim der Eiche, der Kastanie, der Rosskastanie enthält zu jeder Zeit bedeutende Mengen desselben — aber nicht unmittelbar, sondern erst nach Aufnahme des verflüssigten, zuckerhaltigen Bildungssafts in den Zellkern und in neue, von diesem ausgehende Mikrophysalide.

Welche Rolle hierbei der, in keinem Samenkorne gänzlich fehlende, stets von fettem Oele begleitete Gehalt an Klebermehl spiele, ob und in welcher Beziehung letzteres zur Diastase, einer wahrscheinlich stickstoffhaltigen Substanz stehe, darüber wissen wir noch viel weniger etwas Zuverlässiges. Man erhält die Diastase aus dem Wasserextracte keimender Weizen- oder Gerstekörner, durch Fällung vermittelst wasserfreien Alkohols, nachdem durch Erwärmen auf 75° ein eiweissartiger Stoff abgeschieden wurde. Ein Gewichttheil dieses Ferments besitzt die Kraft, bei einer Temperatur von 70°, 2000 Gewichttheile Stärkemehl aufzulösen und in Dextrin und Zucker umzubilden.

Wichtig erscheint mir das allgemeine Vorkommen eines, dem Asparagin ähnlichen, in Tetraedern krystallisirenden Diamids im Safte der Samenlappen und des Stengelchens sowohl stärkemehl- als klebermehlreicher Sämereien vor der Bildung und nach der Auflösung des Stärkemehls wie des Klebermehls. Da diese Krystalle besonders reichlich aus dem Safte solcher Keimlinge anschiessen, die nur Klebermehl führen, da alle Stärkemehl führenden Sämereien zugleich auch Klebermehl enthalten, so bleibt es ungewiss, ob das Stärkemehl für sich bei der Erzeugung dieser Krystalle mitwirkend sei. Ich werde daher über diesen Stoff erst beim Klebermehle ausführlicher meine Beobachtungen mittheilen und mich hier auf die Bemerkung beschränken: dass die Menge desselben in den Samenlappen und in der Keimpflanze von Vicia Faba grösser zu sein scheint als der Gehalt an Klebermehl allein erklärt.

Auch in dem mehlhaltigen Zellgewebe unreifer Früchte löst sich das Stärkemehl, mit eintretender Reife der Frucht, in den meisten Fällen wieder auf. Taf. III, Fig. 20 a—g habe ich die Entwickelungsfolge des Stärkemehls der Kartoffelfrucht gegeben. Am ausgewachsenen Mehlkorne Taf. III, Fig. 26 a—h erkennt man nichts mehr von der grünen Umhüllung der Mehlkörner. In der reifen Frucht hingegen zeigen die meisten Mehlkörner wieder den grünen Rand des unausgebildeten Zustandes (Fig. 21), deutlich begrenzt von einer faltigen Haut. In diesem Zustande werden die noch nicht angegriffenen Mehlschichten nach wie vor durch Jodlösung blau gefärbt. Hat der grüne Rand eine gewisse Breite erreicht, so verschwindet die Reaction auch der inneren Schichten auf Jodlösung, die jetzt alle Theile des Korns gleichmässig blassbraun färbt. Innerhalb der faltigen Hüllhaut erkennt man noch die Ringschichten, wie es mir scheint mit verringerter Dicke und dadurch in ihrer Verbindung gelockert (Fig. 22 a). Endlich verschwinden auch diese Ringschichten und es bleibt alsdann in der gelockerten, faltigen Hüllhaut eine schlauchförmige, durch Jodlösung sich braun färbende Masse aus labyrinthisch geschlängelten Faserkörnchen (Fig. 22 b), die ohne weiter erkennbare Veränderung nach und nach sich auflöst.

Ueber die Auflösung des Stärkemehls im Keimungsprocesse der Knolle, Rübe, Zwiebel, Wurzel mehrjähriger Pflanzen kann ich erst in einer nachfolgenden Arbeit berichten.

6. Entwickelungsfolgen.

a) Quercus pedunculata.

§. 89. Die im Verlauf des Reifens der Eichel (Q. pedunculata) beobachteten Veränderungen im Inhalte des Zellgewebs der Samenlappen habe ich Taf. III, Fig. 12 gezeichnet.

So lange die Eichel noch in der Cupula liegt, ungefähr bis Mitte Juli, enthalten die Zellen der Samenlappen nur den Zellkern, wechselnd zwischen centraler und wandständiger Stellung, wie dies Fig. 12 a und Fig. 13 a darstellt. Der Ptychodesaft enthält ungefärbte, kaum als solche erkennbare, sehr kleine Mikrophysalide und Körnchen. Gegen Mitte August beginnt die Stärkemehlbildung im Innern des centralen Zellkerns, und zwar sind es ursprüngliche Einzelkörnchen, die sich, noch im Innern des Zellkerns, unmittelbar aus den Kernstoffkörperchen ausbilden (Fig. 12 b). Die Diffusion dieser Stärkemehlkörnchen erfolgt nur theilweise unter allseitiger Erweiterung der Hüllhaut des ursprünglichen Zellkerns. Häufig sieht man die Körnchen in gedrängten Massen vom Zellkern aus in die Intracellularkanäle treten (c), von denen sie dann in den Ptychoderaum übergehen (d), in welchem Entwickelungsstande, durch verringerte Zahl der Mehlkörnchen im Zellkernbeutel, ein kleiner Zellkern zwischen den zurückgebliebenen Mehlkörnchen sich erkennen lässt, dessen, im Verhältniss zu a geringe Grösse darauf hindeutet, dass es ein, aus dem Kernkörperchen regenerirter Zellkern ist. Ungefähr Mitte September hat sich die Zahl der Stärkemehlkörnchen so vermehrt, dass durch sie der Innenraum gänzlich verdrängt, die Zelle mit ihnen gänzlich angefüllt ist.

Vergleicht man die in b—d dargestellten Mengen von Mehlkörnchen, die in der Grösse nicht wesentlich verschieden sind und erst in e zu einem ungefähr verdoppelten Durchmesser heranwachsen, so wird es wahrscheinlich: dass, innerhalb der auf diese Bildungen verwendeten Zeit, eine mehrmalige Regeneration des Zellkerns aus dem Kernkörperchen stattgefunden hat und ebenso viele Kernstoffgenerationen zu Mehlgenerationen sich ausgebildet haben.

Während des Keimens der Eichel entsteht, in Mitten der Stärkemehlkörnchen, ein nach und nach an Grösse zunehmender neuer Zellraum (f), wahrscheinlich auf dem Wege der Monophysalidenbildung. Ich finde in meinen Zeichnungen keine Notiz, ob zu dieser Zeit ein Zellkern vorhanden ist oder nicht. Im ruhenden Samenkorne kann ich einen solchen, wie noch in einigen anderen Fällen, nicht auffinden und es ist allerdings eine willkürliche Annahme: dass derselbe in solchen Fällen, wie im reifen Samenkorne als Kernkörperchen überwintere, und als solches der Beobachtung durch geringe Grösse sich entziehe.

Mit zunehmender Zahl der Stärkemehlkörnchen zeichnen einzelne derselben sich dadurch aus, dass sie von Jodlösung nicht mehr blau, sondern braun gefärbt werden. Gleichzeitig bildet sich im neu entstandenen Zellraume ein kugeliger, an Grösse zunehmender Tropfen einer Substanz, die von Jod ebenfalls braun gefärbt wird, wie dies Fig. 12 f darstellt. Eine Auflösung der Körnchen von innen aus, oder ein Zerfallen derselben, habe ich nicht gesehen. Auch hier verringert sich die Körnerzahl ohne vorhergehende Veränderung der Form. Ob alle Körnchen vor ihrem Verschwinden erst in die, von Jodlösung braun gefärbte Substanz umgewandelt werden, vermochte ich nicht zu erkennen.

Im Verlauf der Keimung contrahirt sich der Ptychodeschlauch immer mehr und bildet endlich mit den noch ungelösten Rückständen einen centralen Ballen (in ähnlicher Weise wie Taf. IV, Fig. 1 e—f), in dem man am Rande noch einzelne Stärkemehlkörnchen und einen oder mehrere Oeltropfen gelagert sieht. Dieser Ballen wird allmählig kleiner und verschwindet endlich ganz (Scheibenschnitte in Jodglycerin zur Zeit wenn das 5. bis 6. Blatt sich entfaltet).

Alles was in diesem Zustande des Samenkorns durch Jod braun gefärbt wird: das in der Umbildung begriffene Mehlkorn, der exsudirte Tropfen (III, 12 f) und der ganze, contrahirte Ptychodeschlauch mit seinem Inhalte (IV, 1 f) werden durch Eisenchlorid wie durch schwefelsaures Eisenoxyd indigoblau gefärbt. Hier gehört also Gerbsäure zu den ersten Umwandlungsprodukten des Stärkemehls im Keimungsprocesse und es sind, wenn auch vorzugsweise, doch keineswegs allein die Gerbzellen (III, 12 g, §. 39), welche den Gerbstoff liefern.

Haben wir hier die physiologische Bedeutung des Gerbstoffs erkannt, so wird es auch nicht mehr auffallen, dass die Bastlagen der Eichenrinde nur so kurze Zeit reich an Gerbstoff sind. Es ist das die Zeit, in welcher die Reservestoffe des Stammes und der Wurzel aufgelöst und in Bildungssaft umgewandelt werden, der im Baste wie in den Samenlappen gerbstoffhaltig ist. Daher sind es nur die innersten, jüngsten Bastschichten, welche den Gerbstoff in einer, die technische Gewinnung lohnenden Menge enthalten, daher ist es nur ein 5—6 wöchentlicher Zeitraum, in welchem die Basthaut gerbstoffreich ist, während derselbe Pflanzentheil, dieselbe Zelle im Sommer, Herbst und Winter nur geringe Mengen dieses Stoffes enthält.

Selten verbraucht die einjährige Pflanze den ganzen Mehlvorrath. Wenn die Samenlappen nicht verfaulen, findet man in denselben, noch während des Winters nach der Frühjahrsaussaat viel Mehl. In anderen Fällen war das Mehl zwar verschwunden, desto mehr aber zurückgeblieben von jener, durch Jodlösung sich braun, durch Eisensalze blau sich färbenden Substanz, deren Natur mir nicht näher bekannt ist.

Klebermehl kann ich zwischen den Stärkemehlkörnchen der Eichel nicht auffinden. Es scheint hier in besonderen, strahlig gruppirten Zellen abgelagert zu sein, die man sehr schön zur Ansicht erhält, wenn man Scheibenschnitte aus den Samenlappen mit salpetersaurem Quecksilber behandelt. Ein ungewöhnlich grosser Zellkernbeutel und sehr dicke, kurze Intracellularkanäle werden dann mit ihrem Inhalte durch das Quecksilber lebhaft mennigroth gefärbt. In den Räumen zwischen den Intracellularkanälen lagern dann hier und da Stärkemehlkörnchen. Eine solche Zelle stellt Fig. 12 g dar. Eisenchlorid-Chlorzink färbt den Inhalt des Zellkernbeutels und der Intracellularkanäle blau, ein Zeichen auch hier bedeutenden Gerbstoffgehaltes.

b) Cucurbita.

Ueber die Entwickelung des Stärkemehls im Innern des Zellkerns der Fruchtzellen von Cucurbita habe ich bereits §. 84 die zu Taf. III, Fig. 2 und 10 a—h nöthigen Erläuterungen gegeben.

c) Solanum.

Eine Zelle des Kartoffelkeims, nachdem durch salpetersaures Quecksilber die im Zellkernbeutel enthaltenen Mehlkörner aufgelöst sind und ihre Hüllhäute zurückgelassen haben, stellt Taf. III, Fig. 24 dar, des Weitere enthält §. 84 und 79.

d) Vicia und Tropaeolum.

Ueber die Entwickelungsfolge des Stärkemehls von Vicia Taf. III, Fig. 13—15 habe ich §. 84 und 89 Erläuterung gegeben und komme im Verfolg (§. 91 a) darauf zurück, wie auf das Stärkemehl von Tropaeolum Taf. IV, Fig. 6—10.

D. Die Kernstoffkörper des Zellkerns verwandeln sich in Chlorophyllkörper und diese bilden erst das Stärkemehl.

1. Beschreibung.

§. 90. Das Stärkemehl, welches im Chlorophyllkörper entsteht, ist in keiner Weise verschieden von dem, welches im ungefärbten, farbstoffspeichernden Chlorogen sich entwickelt, daher das, was ich für den vorhergehenden Fall berichtete, auch für diesen gültig ist. Der Unterschied beruht eben nur in der Verschiedenheit der einhüllenden Substanz, die in diesem letzteren Falle, durch ihre natürlich grüne Farbe, auch ohne Anwendung eines Reagens, als ein Ueberzug des Mehlkorns so lange erkennbar ist, bis, mit zunehmender Grösse des Korns, vollständige Resorbtion eingetreten ist, wie dies die Entwickelungsfolgen Taf. III, Fig. 9 a—f aus dem Blatte der Begonien, daselbst Fig. 20 a—g aus der unreifen Kartoffelfrucht; Taf. IV, Fig. 22 a—d aus Lupinus albus und Taf. III, Fig. 39 aus Nuphar luteum darstellen.

2. Vorkommen.

§. 91. In allen dem Lichte zugänglichen Pflanzentheilen entwickelt sich das Stärkemehlkorn grösstentheils im Innern eines vorgebildeten Chlorophyllkorns, vergrössert sich auf Kosten des grün gefärbten Stoffs und verdrängt diesen endlich ganz durch Resorbtion, wogegen in Wurzeln, Knollen, Zwiebeln, aber auch nicht selten in, dem

Lichte durch Fruchthüllen abgeschlossenen Sämereien, z. B. von Quercus, Castanea, Aesculus, das Stärkemehl unmittelbar im Chlorogenkorne sich bildet.

Ohne Zweifel hat das Licht einen wesentlichen Einfluss auf Hervorbringung der Zwischenstufe des Chlorophyll, denn Wurzeln, Knollen und unterirdisch bleibende Samenlappen, die in normaler Lage Chlorophyll nicht bilden, entwickeln dasselbe, wenn sie zufällig oder absichtlich im Lichte vegetiren, während Lichtmangel die Farbe, sonst lebhaft grüner Pflanzentheile entweder gänzlich aufhebt, oder doch schwächt. Der Lichtmangel hebt aber dann die Stärkemehlbildung nicht auf, sondern hat nur zur Folge, dass die Chlorophyllbildung übersprungen wird.

Ueber Entstehung, Vermehrung und Auflösung des im Innern des Chlorophyllkorns sich bildenden Mehlkorns habe ich zum Theil schon im Vorhergehenden gesprochen, theils wird das Besondere aus den nachstehenden Entwickelungsfolgen erhellen.

3. Entwickelungsfolgen.

a) Vicia Faba Taf. III, Fig. 13, 14, 17—19.

§. 92. Bis zu der Zeit, in welcher die Samenlappen des Embryo ungefähr ¼ ihrer endlichen Grösse erreicht haben, enthalten die Zellen derselben im Ptychodeschlauche nichts weiter als einen meist wandständigen, seltner einen centralen Zellkern (Fig. 13 a). Der den Zellkern umspülende Ptychodesaft ist getrübt, lässt aber bis jetzt noch keine bestimmt geformten Bildungen erkennen. Erst in späteren Entwickelungszuständen (b, c, d) erkennt man in ihm bei richtiger Beleuchtung farblose Physalide, die weiterhin (f, g, h) ein körniges Ansehn erhalten, und sich endlich als sehr kleine, meist nur $^1/_{1000}{}'''$ messende Klebermehlkörnchen zu erkennen geben.

Es ist daher möglich, dass die Physalide des Klebermehls früher entstehen als die des Chlorophyll und des Stärkemehls, dass sie in ihrer Grundlage schon Bewohner des Ptychoderaums des in a dargestellten Entwickelungsstandes sind. Es ist aber auch möglich, dass der Inhalt des Ptychodeschlauchs in a das Material hergebe für die Bildung der zweiten Zellwand, nachdem der Zellkern in die centrale Stellung übergegangen ist, in welchem Falle die Physalide des künftigen Klebermehls späterer Entstehung sein müssen. Es ist mir nicht gelungen, eine bestimmte Ansicht hierüber zu gewinnen, die letzte Entwickelungsfolge erscheint mir jedoch als die wahrscheinlichere.

Wenden wir dem Zellkerne dieser Bildungsstufe besondere Aufmerksamkeit zu, so zeigt er sich zu dieser Zeit häufig als ein durch Flächen begrenzter Körper (Fig. 18 a b), der nicht selten in Zwillingsgestalt auftritt. Da diese Form später nicht mehr zu finden ist, da, wie wir weiterhin sehen werden, die krystallinische Form auf Aleurongehalt hindeutet, so könnte man dies als einen Fingerzeig betrachten, dass erst jetzt die Physalide des Klebermehls aus dem Zellkerne sich entwickeln.

Bestimmter, als dies in vielen anderen Fällen hervortritt, zeigt sich hier die Hüllhaut des Zellkerns ungefärbt, nachdem alle inneren Theile desselben beträchtliche Mengen von Karmin zurückbehalten haben (Fig. 18, 19).

Nicht selten zeigt sich schon im Innern des unveränderten Zellkerns eine Diffusion der Globen des Kernkörperchens und eine Vermehrung desselben in der Form von Kranzkörpern (Fig. 18 a). Häufiger findet man Zellkerne, in denen nur ein Theil ihres Kernstoffs Farbstoff annimmt, ein anderer Theil ungefärbt bleibt und mit einem getrübten Safte erfüllt ist, in dem einzelne Körnchen, wahrscheinlich comprimirten Physaliden angehörend, erkennbar sind (Fig. 18 g h). Es ist dies ohne Zweifel derselbe Entwickelungsvorgang, den ich Taf. II, Fig. 27—29 aus Clematis dargestellt und §. 56 besprochen habe, der hier aber einen anderen Fortgang nimmt, indem die, dem Farbstoff unzugänglich werdenden Regionen des Zellkerns, wahrscheinlich durch Fortdauer einer verringerten Saugkraft und Aufhören der Wiederausscheidung aufgenommener Feuchtigkeit in Folge stofflicher Veränderung ihrer Substanz, beutelförmig über die Oberfläche des Zellkerns hinaus sich erweitern, wie dies die Figuren 18 e, d, c darstellen. In diesen, unzweifelhaft von der Hüllhaut des Zellkerns eingeschlossenen Brutbeuteln sieht man dann: theils Einzelkörnchen mit centralem Schattenpunkt (e), theils Kranzkörperchen, theils kugelige Haufen kleiner Globen in polyedrisch gepressten Physaliden (c), theils schärfer umschriebene, unregelmässige Körnchen (d), deren Form und Grösse ziemlich übereinstimmt mit den, erst viel später im Ptychoderaume frei auftretenden Kleberkörnchen der Bohne.

Diese farblosen Körnchen, Kranzkörperchen, Globen werden weder von Karmin noch von Jod gefärbt, müssen aber einstweilen noch als Chlorogenkörper betrachtet werden. Es ist bis jetzt mir nicht gelungen zu ermitteln, ob sie zu Klebermehl oder zu Trägern des grünen Farbstoffs sich fortbilden.

Seltner findet man Zellkerne, aus deren Hüllhaut vereinzelte, schneckenförmige Körnchen hervortreten (f), oder solche, in denen die Kernstoffmasse zu den wurmförmig ineinander verschlungenen Körpern sich ausgebildet hat (Fig. 19 a b), die sonst nur bei Resorbtionsvorgängen häufiger auftreten.

In einem folgenden Entwickelungszustande, zur Zeit wenn die grosssamige Art der Saubohne ungefähr $^1/_3$ ihrer endlichen Grösse erreicht hat, ist der Zellkern vorherrschend ein centraler geworden (Fig. 13 b). Sein Kernstoff zeigt alsdann die verschiedensten Uebergangsstufen einer Granulirung, zu verhältnissmässig wenigen, grossen Körnchen, die sehr bald eine lebhaft grüne Farbe annehmen. Der Färbung dieser grünen Körnchen folgt dann eine Erweiterung der Hüllhaut des Zellkerns. In dem erweiterten Raume treten die Chlorophyllkörnchen weiter auseinander und lassen nun einen regenerirten Zellkern zwischen sich erkennen, dessen Rand durch hervortretende, farblose Physalide eingebuchtet ist (c). In vielen Zellen sieht man grüne Körnchen auch im Ptychoderaume und in den, vom Zellkernbeutel zum Ptychoderaume führenden Intracellularkanälen, die, unzweifelhaft vom Centrum der Zelle aus, dorthin gewandert sind. Ob die Hüllhaut des ursprünglichen Zellkerns hierbei zerreisse oder resorbirt werde und die Chlorophyllkörnchen vereinzelt ihre Wanderung nach dem Ptychoderaume antreten, oder ob, wie in manchen anderen Fällen, Abschnürung von körnerhaltigen Brutbeuteln stattfinde, vermag ich hier nicht zu unterscheiden.

In wenig älteren Bohnen erkenne ich drei verschiedene Zustände, die schwerlich Stufen desselben Entwickelungsverlaufs sein können, sondern auf Abweichungen in demselben hindeuten. Der durch Fig. 13 e dargestellte Zustand passt am besten für die nächste Stufe zu b und c, wenn man annimmt, dass die in b und c grünen Chlorophyllkörper sich hier in ihrer ganzen Substanz zu Stärkemehlkörnern umgebildet haben. Aber gerade diese Veränderung ist die weniger häufig auftretende. Häufig sieht man, vom centralen Zellkern aus, einen Monophysalid sich entwickeln und durch diesen einen neuen Ptychodeschlauch gebildet, dessen Chlorophyllkörnchen dann aber viel kleiner sind als die, welche den centralen Zellkern in b und c umlagern. In diesem zweiten Falle ist von Stärkemehl noch keine Spur vorhanden. In noch anderen, eben so häufig vorkommenden Fällen enthält der Ptychoderaum weder Chlorophyll- noch Stärkemehl, sondern nur ungefärbte Saftbläschen und einen centralen Zellkern (Fig. 13 f), in welchem nun die Keime neuer Stärkemehlkörnchen sich entwickeln, in einer Weise, die ich bereits §. 84 ausführlich besprochen und Fig. 17 a—d, denen sich Fig. 13 g anschliesst, erläutert habe.

Es ist möglich, dass von Fig. 13 c auf e und von da auf h eine ununterbrochene Entwickelungsfolge von Mehlkörnchen aus mehreren, aufeinander folgenden Generationen und Umbildungen von Kernstoffkörpern unter eben so oft eintretender Regeneration des Zellkerns aus dem Kernkörperchen stattfindet. Auch wenn wir dies annehmen, bleibt doch immer noch die Frage: was aus den compacten Chlorophyllkörnchen der, dem Bilde f vorhergehenden Entwickelungszustände werde; eine Frage, die sich auch auf das Stärkemehl erstreckt, wenn auch der Zustand e dem Zustande f vorhergeht, da in letzterem alle körnigen Gebilde noch in ihrer Bildungsstätte, im centralen Zellkerne zusammengedrängt liegen und aus dem Ptychoderaume verschwunden sind. Es führt uns diese Frage zu der Annahme: dass alle jene vorgebildeten Körnchen einer rückschreitenden Metamorphose, einer Rückbildung in farblose Mikrophysalide unterworfen sind, und dass letztere das Material liefern, aus welchem nun die zweite, innere Zellwandung sich entwickelt, deren Bildung allerdings erst etwas später nachgewiesen werden kann. Vielleicht darf man Fig. 13 d als eine Stufe dieser Rückbildung betrachten und annehmen, dass der hier neu gebildete Ptychodeschlauch mit den kleineren, aber noch grünen Körnchen zur Zellwand werde, unter Resorbtion des ihn umgebenden, älteren Ptychodeschlauches und des farblosen Inhalts desselben.

Auch über den Zustand des reifen Samenkorns Fig. 13 h i, Fig. 14 a b habe ich bereits §. 80 das Nöthige mitgetheilt.

Was die Keimung betrifft, so gilt bei Vicia im strengsten Sinne, was ich bereits §. 88 erwähnte: dass im Keimungsprocesse die Mehlkörner nach und nach verschwinden, ohne dass man die geringste, vorhergehende Veränderung der Substanz und Form derselben nachweisen kann. Das letzte Korn in der Zelle ist in Nichts zu unterscheiden vom Mehlkorne des reifen Samenkorns. Wenn alle Mehlkörner verflüssigt sind, bleibt in den

Zellen ein meist wandständiger Zellkern zurück, ganz gleich dem Ausgangspunkte der Entwickelungsfolge Fig. 13 a. Entblösst man die Samenlappen von der sie bedeckenden Erde, so erhalten sie, da wo das Licht sie treffen kann, eine grüne Farbe und der Ptychodeschlauch enthält alsdann, ausser dem Zellkerne, auch noch kleinkörniges Chlorophyll, wie Fig. 25 f, das mitunter sogar kleine Mehlkörner in seinem Innern entwickelt.

Was die, an die Stelle des, im Keimungsprocesse verschwindenden Mehls tretende Flüssigkeit betrifft, so ist es Sache des Chemikers, dieselbe zu prüfen durch, in grösserem Maassstabe anzustellende Analysen. Die Reduction von Kupferoxyd zeigt das Vorhandensein von Zucker oder Dextrin oder von beiden an. Austrocknen unter flacher Oelschicht, Behandlung der Scheibenschnitte mit absolutem Alkohol, oder langsames Abdampfen des ausgepressten, durch Aufkochen von Eiweiss befreiten Saftes, sowohl der Samenlappen als der jungen Pflanze, wenn in ersterer alles Mehl verschwunden ist, ergiebt bedeutende Mengen jener tetraedrischen, dem Asparagin ähnlichen Krystalle, über die ich beim Klebermehl ausführlicher sprechen werde.

b) Phaseolus vulgaris Taf. III, Fig. 25, Fig. 15 und 9.

Die früheren Zustände des Zellgewebes der Samenlappen dieser Pflanze sind von denen der Viciaceen nicht verschieden. Während des ersten Viertels endlicher Grösse des Samenkorns, enthält jede Zelle in ihrem Ptychodeschlauche ungefärbte Säfte und einen, meist wandständigen Zellkern (Fig. 13 a); die Randzellen enthalten früher, die inneren Zellen enthalten später im Ptychoderaume Chlorophyll (Fig. 25 f). Ich habe nie gesehen, dass der Zellkern selbst hier grün werde und es ist wahrscheinlich, dass die Mikrophysalide ungefärbt sich emancipiren und erst dann, nachdem sie in den Ptychoderaum übergegangen sind, zu Chlorophyll-Physaliden sich umbilden.

Bestimmter als dies, lässt sich die Entstehung des Stärkemehls in der Substanz der Chlorophyll-Physalide nachweisen, nachdem diese im Ptychoderaume entstanden sind (Fig. 25 a). Sie ist gleich der des Stärkemehls in den Blattzellen der Begonien, und kann die, Taf. III, Fig. 9 a—f dargestellte Entwickelungsfolge auch für Phaseolus-Samenlappen gelten; d. h. ein ursprünglich kaum $^1/_{1000}$''' grosses Mehlkörnchen vergrössert sich im Innern der Chlorophyllkörnchen allmählig auf Kosten der grün gefärbten Substanz letzterer, die endlich nur als grüner Rand erkennbar ist (f), zuletzt gänzlich verschwindet.

In diesen verschiedenen Entwickelungszuständen zeigt sich das Mehl im Ptychoderaume Fig. 25 a, während in b dasselbe bereits zu Stärkemehl umgebildet ist. Während dies geschieht tritt die, schon in a erkennbare Einstülpung des Ptychoderaumes sackförmig tiefer in den Innenraum der Zelle hinein, diesen fast ganz ausfüllend. Hier sieht man dann eine fortgesetzte Vermehrung der grünen Mikrophysalide und deren Umbildung zu Stärkekörnern in der Umgebung des Zellkerns, wahrscheinlich durch fortgesetzte Diffusion dem Kernstoffe desselben ausscheidender Mikrophysalide, während im äusseren Ptychoderaume alle Physalide schon zu Mehlkörnchen ausgebildet sind.

Fig. 25 c ist der Zellendurchschnitt eines reifen Samenkorns; nicht wesentlich unterschieden von Fig. 13 h und i, von Fig. 14 a b aus Vicia. Wie dort, so liegen auch hier die Mehlkörnchen gebettet in eine sehr kleinkörnige Masse von Klebermehlkörnchen, deren unregelmässige, kantige Formen, ähnlich denen der Körnchen im Brutbeutel des Zellkerns (Fig. 18 d) man erkennt, wenn man Scheibenschnitte aus trocknen Bohnen unter Deckglas mit wasserfreiem Alkohol netzt und dem verdunstenden Alkohol einen Oeltropfen nachziehen lässt. Wie in diesem Falle das Klebermehl entstehe und zwischen die Mehlkörnchen gelange, ist mir nicht zur näheren Erkenntniss gediehen. Ob es farblose Physalide des Ptychodesafts sind, die schon in a zwischen den grünen Physaliden des Ptychoderaums lagern und sich mehren, ob auch in b der Zellkern noch Kleberphysalide aussendet, oder ob ein Theil der grünen Physalide Klebermehl, ein anderer Theil Stärkemehl bildet, habe ich durch Beobachtung nicht feststellen können.

Während des Keimens stellen sich, rückwärts schreitend, diejenigen Zustände des Ptychodeschlauches wieder her, die sich im Verlaufe des Keimens zu erkennen geben. In Fig. 25 entspricht f einem, dem Bilde a vorhergehenden Zustande des Reifens, e ist in Bezug auf den Schlauch gleich a, d ist gleich b zu betrachten. Während dieses Rückschritts löst sich das Stärkemehl allmählig auf, aber nicht wie bei Vicia ohne erkennbare Veränderung, sondern unter einer, von innen nach aussen fortschreitenden Substanzveränderung, die ich bereits §. 86 besprochen und durch die Figuren 15 a—d erläutert habe.

Mit dem allmähligen Verschwinden der grossen Mehlkörnchen treten andere Mehlkörnchen in reichlicher

Zahl an deren Stelle, die aber nicht einfach, sondern componirt sind, gleich Fig. 10 a—h. Ich bezweifle sehr, dass die grossen Mehlkörnchen mit diesen, im Keimungsprocesse sich bildenden, kleinen, componirten Körnern in irgend einer Beziehung stehen, glaube vielmehr, dass sie eine Umbildungsstufe des Klebermehls sind. Bei der geringen Grösse des letzteren in Phaseolus, lässt sich diese zwar nicht unmittelbar beobachten, wir werden aber im Verfolg sehen, dass die Umbildung des Klebermehls in Stärkemehl während des Keimens ein sehr gewöhnlicher Vorgang ist, den man von dort auf diesen und ähnliche Fälle (Ervum, Pisum) zu übertragen wohl berechtigt ist.

Mit fortschreitender Keimung verschwinden allmählig auch die componirten Stärkemehlkörnchen und werden durch Chlorophyllkörnchen ersetzt, in dem Maasse als die oberirdischen Samenlappen im Lichte eine grüne Farbe erhalten. Zuerst sieht man die Chlorophyllkörnchen in der Umgebung des Zellkerns auftreten (Fig. 25 e) und ich bin zweifelhaft geblieben, ob sie vom Zellkerne neu gebildet wurden, oder ob sie aus den componirten Mehlkörnchen durch Umbildung entstehen. Wir werden derartige Umbildungen weiterhin an, der Beobachtung günstigeren Objecten specieller kennen lernen.

c) Solanum tuberosum (Frucht) Taf. III, Fig. 21, 22.

Ich lasse die Entwickelung des Mehles der unreifen Kartoffelfrucht (nicht Knolle) hier folgen, weil sie, was das Verhalten des Ptychodeschlauchs und die allmählige Ausbildung der Mehlkörnchen in Chlorophyll-Physalide betrifft, ganz dem Vorgange entspricht, den ich soeben aus Phaseolus dargelegt und durch die Figuren 25 a—f erläutert habe. Ich habe dies schon in meiner Arbeit „Leben der Pflanzenzelle" nachgewiesen (daselbst Taf. I, Fig. 36 a—n). Ein Unterschied gegenüber Phaseolus besteht wesentlich in dem Wachsthum des Mehlkorns durch Meniskenschichtung Fig. 20 a—g und in den Abweichungen der Auflösung beim Reifen der Frucht (Fig. 21, 22). Beides habe ich bereits §. 80 und 86 besprochen und verweise dorthin zurück.

d) Blattmehl der Begonien (Taf. III, Fig. 9 a—f).

Besonders in den Zellen der fleischigen Blätter von Begonia discolor, dichotoma, maculata sind die Chlorophyllkörnchen von so bedeutender Grösse, dass sich deren Umbildung zu Stärkemehl, in der Fig. 9 a—f dargestellten Weise, auch vermittelst geringer Vergrösserung sicher verfolgen lässt.

e) Conferva globulina (Taf. III, Fig. 8 a).

Besonders die Wasseralgen liefern ein treffliches Material für die Entwickelungsgeschichte des Stärkemehls im Innern theils compacter Chlorophyllkörnchen, theils im Ptychoderaume von Chlorophyll-Physaliden. Fig. 8 ist die Abbildung eines einzelnen Physalid aus C. globulina mit vereinzeltem, zweitheiligem Mehlkorne, wie man ihn zur Ansicht erhält, wenn man die Glieder durchschneidet und die Physalide in die Flüssigkeit des Objectträgers austreten lässt. Mehr hierüber enthält meine Abhandlung „Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Pflanzenzelle" Bot. Zeit. 1855, S. 411, Taf. IV, Fig. 9 a—m, die verschiedenen Formen darstellend, in denen das Amylonkorn auftritt.

f) Chara, Nitella (Taf. III, Fig. 8 b).

Wenn in Conferva globulina, in den Spirogyren, Zygnämaceen etc. meist nur ein Mehlkorn sich im Innern des Chlorophyllkorns entwickelt, finden sich bei den Characeen deren meist mehrere vor, oft in einer Lagerung, die auf eine Mehrung durch Theilung hindeutet (Fig. 8 b).

g) Nuphar, Victoria (Taf. I, Fig. 68, Taf. III, Fig. 37—44).

Bereits §. 87 habe ich ausführlich über die Mehlbildung im Perisperm der Nymphäen gesprochen und genügt es dorthin zurückzuweisen.

h) Spiraea ulmaria (Taf. III, Fig. 36 a—d).

Auch über das componirte Stärkemehl im Wurzelstocke der Spiräen mit einjährigem Stengel ist bereits §. 87 das, die Figuren Erläuternde mitgetheilt.

E. Die Kernstoffkörper des Zellkerns verwandeln sich unmittelbar in Klebermehl.

1. Beschreibung des Klebermehls (Aleuron).

§. 93. Die ersten Mittheilungen über das Vorkommen eines, im Pflanzenreiche weit verbreiteten, organisirten, in Grösse, Form und Färbung dem Stärkemehle ähnlichen, körnigen Körpers, Trägers der wichtigsten Stickstoffverbindungen des Pflanzenkörpers: des Pflanzeneiweisses, des Käsestoffs (Legumin), des Pflanzenleims und des Klebers, Trägers der Phosphor- und Schwefelverbindungen während der Perioden ruhender Vegetation, daher, wie das Stärkemehl und die fetten Oele, den Reservestoffen zuzuzählen, gab ich in der Bot. Zeitung von v. Mohl und v. Schlechtendal 1855 S. 881, 1856 S. 257, Taf. VIII; nannte diesen Körper Klebermehl, sprach über dessen Eigenthümlichkeiten in einer Reihe verschiedener Sämereien, über dessen Vorkommen im Samen der Umbelliferen, Compositen, Urticeen, Euphorbiaceen, Papaveraceen, Amygdaleen, Rosaceen, der Palmen und Lilien, der meisten Hülsengewächse, Nadelhölzer und Amentaceen, woselbst es, grösstentheils allein, die festen Reservestoffe der Samenlappen oder des Endosperm bildet; während es in den Sämereien der Gräser und Riedgräser, der Aroideen und Typhaceen, der Scitamineen, Marantaceen, Cycadeen, Polygoneen, Acerineen so wie einzelner Gattungen der Hülsengewächse, der Nadelhölzer und Kätzchenbäumen dem vorherrschenden Stärkemehle beigemengt ist.

Treue Begleiter des reifen Klebermehls sind die fetten Oele. Sie entstehen gleichzeitig mit demselben beim Reifen des Samenkorns und verschwinden gleichzeitig mit der Auflösung des Klebermehls beim Keimen. Die künstliche Lösung des Klebermehls in Wasser, gemengt mit den Tröpfchen des begleitenden Oels, ist das, was man „Emulsion" genannt hat. Alle die verschiedenen, stickstoffreichen Pflanzenstoffe, welche die Chemie aus solchen Emulsionen abgeschieden hat: das in Wasser lösliche, durch Kochen gerinnende Pflanzeneiweiss und der Käsestoff (Legumin), der in Wasser nicht, wohl aber in kochendem Alkohol lösliche Pflanzenleim, und der in Wasser wie in Alkohol unlösliche Kleber, sind Bestandtheile jedes einzelnen Kleberkörnchens. Die in Wasser löslichen Stoffe entstammen dem Inhalte desselben, die in Wasser unlöslichen Stoffe entstammen den Hüllhäuten, nicht allein des Klebermehls, sondern auch des Stärkemehls, des Chlorophyll und des Ptychodeschlauches selbst, oder eigenthümlich organisirten Einschlüssen, die wir als Bestandtheile der Kleberkörnchen kennen lernen werden.

a) Die äussere Erscheinung des Klebermehls.

§. 94. Das Klebermehl ist in wässrigen Flüssigkeiten, in Säuren und Alkalien grösstentheils leicht löslich und muss daher unter Oel, Alkohol oder Aether der mikroskopischen Untersuchung unterworfen werden, wenn man es in seinen natürlichen Formen beobachten will. Auch in Glycerin und Zuckerwasser erhält es sich kurze Zeit unverändert. In seinen unreifen Zuständen ist der ausgepresste, eigene Zellsaft, auf zarte Scheibenschnitte unter Deckglas angewendet, ein gutes Anfeuchtungsmittel.

Scheibenschnitte aus klebermehlhaltigen Sämereien, z. B. aus einer Lupine, Haselnuss, Mandel, Rosinenkern, Kiefersame, auf der Objectplatte mit einer flachen Oelschicht bedeckt, zeigen die Zellräume mehr oder weniger dicht erfüllt mit kleinen, meist eiförmigen Körnchen, die entweder lose nebeneinander liegen oder sich gegenseitig pressen. Taf. IV, Fig. 1 d Ricinus, Fig. 3 e Rosinenkern, Fig. 4 g Haselnuss, Fig. 5 i Lupine, Fig. 6 h Kapuzinerkresse (Tropaeolum) zeigen die Füllung der Zellen mit Klebermehl im reifen, trocknen Samen (die vorhergehenden Figuren derselben Zellenreihe gehören den früheren Zuständen des Reifens, die nachfolgenden Zellen den veränderten Zellenzuständen des Keimens an, und finden in den nachfolgenden Entwickelungsfolgen ihre Erklärung).

Unter Oel betrachtet, sind diese Kleberkörnchen auf den ersten Blick von Stärkekörnchen schwer zu unterscheiden. Wendet man aber anstatt des Oeles Jodglycerin zur Befeuchtung an, so färben sich die Körnchen nicht blau sondern gelb, daher ich auf Taf. IV das Klebermehl mit dieser Farbe bezeichnet habe. Giebt man den Scheibenschnitten einen Tropfen salpetersaures Quecksilberoxydoxydul, so färben sich die Kleberkörnchen nach einiger Zeit ziegelroth, während Stärkemehl unter Einwirkung desselben Reagens ungefärbt zerfliesst und der Beobachung entschwindet. Wie der Zellkern besitzt auch das Kleberkorn die Eigenschaft der Farbenspeicherung. Das Klebermehl der Paranuss mit Karminwasser in Berührung gebracht, färbt sich in den ersten Momenten viel tiefer roth als die umgebende Flüssigkeit, verliert aber diese Farbe bald, mit eintretender

Lösung. Die wasserfesten Aleuronkerne von Ricinus, Myristica, Sparganium hingegen nehmen keinen Farbstoff auf.

Wäscht man die Scheibenschnitte im Oeltropfen des Objectträgers aus, so mengen sich dem Oele eine Menge Kleberkörnchen bei, die aus den durchschnittenen Zellräumen ausgespült werden. Es genügt dies vollkommen für die mikroskopische Betrachtung und Prüfung. Will man hingegen grössere Mengen Klebermehl rein darstellen, so muss man den, von den Samendecken befreiten Samen zerreiben oder zerquetschen, das Zerkleinte mit dem, mindestens Hundertfachen an fettem Oele einrühren und das Waschöl, mit den in ihm suspendirten Kleberkörnchen in ein anderes Gefäss giessen, nachdem sich die nicht genügend zerkleinten Samentheile und die Zellhäute niedergeschlagen haben. Man verwende hierzu frischen, reifen Samen, oder lasse alten, trocknen Samen vor dem Abschälen der Samenhäute in Wasser etwas anquellen, da beim Zerkleinen des trocknen, harten Samens die Zellwandung ebenfalls in so kleine Theile zerrieben oder zerstossen wird, dass diese nicht früher als das Klebermehl zu Boden sinken. In dem abgegossenen Waschöl erhält man dann nach mehreren Stunden einen Niederschlag von Satzmehl, von dem das Oel abgegossen wird, worauf der Rückstand, durch mehrmaliges Umlegen zwischen Fliesspapier, von den Oelresten befreit werden muss. Man erhält auf diese Weise ein weisses, reines Klebermehl, ähnlich dem Stärkemehle, aus welchem geringe Oelrückstände durch Schütteln mit Aether entfernt werden müssen, wenn das Material zu Analysen verwendet werden soll.

Auf diesem Wege dargestelltes Klebermehl bildet einen weissen Puder, dessen einzelne Körnchen einen hohen Grad von Sprödigkeit besitzen und, unter dem Druck auf das Deckglas, wie Glas in scharfkantige Bruchstücke zersplittern. Nur ausnahmsweise kommt das Klebermehl auch gefärbt war. Am häufigsten ist die gelbe Färbung, z. B. bei Lupinus, Frangula, Ailanthus, Monnina, demnächst ein dunkles Braunroth bei Arachis, Theobroma, Dipterix, Myrthus Pimenta; Rosenroth bei Chrysobalanus Icaco, Laurus indica, nobilis, Hibiscus; Grün bei Knautia, Pistacia; Indigoblau in den äussersten Zellschichten des bläulich-grauen Samens einer Abart von Cheiranthus annuus, Panax, Knautia.

Der Polarisations-Apparat giebt keine Art von Färbung oder Zeichnung, wie solche am Stärkemehlkorne hervortreten (Dr. Caspary).

In der Grösse des Klebermehls finden sich Unterschiede zwischen $^1/_{1800}$ und $^1/_{60}'''$ Durchmesser. Die kleinsten unter den von mir beobachteten Körnchen sind die, welche zwischen den Stärkekörnern der Viciaceen, Phaseolen und der Gräser lagern, die grössten fand ich im Samen von Styrax, Chionanthus, Diosma, Cercis, Cynara, abgesehen von den, den ganzen Zellraum ausfüllenden Füllkörnern in Laurus Pichurim, Strychnos, Pistia, Galactodendron, Pangium, Dipterix, Theobroma, Juglans, Citrus, Coffea etc., abgesehen von den Solitairen vieler Sämereien.

Was diese letzteren betrifft, so bezeichne ich mit dem Namen Solitair ein einzelnes, ungewöhnlich grosses Kleberkorn, welches sich in manchen Samenarten schon durch seine Grösse von den übrigen Kleinkörnern derselben Zelle unterscheidet, meist genau im Mittelpunkte des Zellraumes lagert, und ausserdem noch in den meisten Fällen durch Einschlüsse ausgezeichnet ist, die den Kleinkörnern fehlen. Taf. IV, Fig. 3 e aus Vitis, Fig. 4 g aus Corylus, Fig. 5 i aus Lupinus zeigen Zellen mit Solitairen, während in Ricinus Fig. 1 d, in Tropaeolum Fig. 6 g alle Kleberkörnchen von nahe gleicher Grösse sind.

Solitaire habe ich bis jetzt aufgefunden bei folgenden Pflanzen:

A. Solitaire mit Einschlüssen.

a) In randständigem Raume.

Magnolia, Liriodendron, Bertholletia, Daphne, Stenochilus, Vaccinium, Smyrnium, Elaeagnus, Canarium, Cedrus Deodara.

b) Mit versenktem Raume.

Alle Amygdaleen, Ampelideen, Corylaceen, ausserdem Fagus, Phylliraea, Viburnum, Ruellia, Coryandrum, Lagoetia, Conium (letztere drei mit mehrzähligen Solitairen), Phellandrium.

c) Ohne sichtbaren Raum.

Cocos, Elaeis, Anona, Tamarindus, Hamamelis, Menispermum, Sapindus, Lupinus luteus (nur diese Art!).

B. Solitaire ohne Einschlüsse.

a) Mit randständigem Raume.

Die meisten Nadelholzgattungen, Coffea, Leuzea, Crataegus sp. indica.

b) Mit versenktem Raume.

Moringa, Pistacia.

c) Ohne sichtbaren Raum.

Fritillaria, Sophora, Thermopsis, Clematis, Atragene, Arbutus, Lithospermum, Halesia, Berberis, Colomia, Rulingia, Aconitum, Evonymus, Sambucus, Iberis, Galega, Calycanthus, Camellia, Sapota, Bouea, Sandoricum, Pistacia, Fraxinus, Pedicularis, Chrysobalanus, Sapindus (Rarak), Paeonia, Salix (pentandra), Myristica, Sparganium.

Was die hier aufgestellten Abtheilungen betrifft, so beziehen sie sich theils auf eigenthümlich organisirte, stofflich von den übrigen Bestandtheilen des Kleberkorns verschiedenen Gebilde, die wir als Weisskerne (Taf. IV, Fig. 19 a—d, s—w), als Kranzkörper (Fig. 20 a—c) und als Krystalloide (Fig. 19 g—r) weiterhin näher kennen lernen werden, theils auf die Lage dieser Einschlüsse, entweder am Rande des Kleberkorns, innerhalb eines, von der Hüllhaut gebildeten, beutelförmigen Raumes (Fig. 29 c—e, Fig. 30 a b), oder in einer Versenkung dieses Raumes in das Innere der Klebermasse, meist nur erkennbar durch die Einschlüsse (Fig. 4 g h, Fig. 5 i, Fig. 3 k l), deren Abwesenheit den Raum der Beobachtung entzieht, auch wenn ein solcher wirklich vorhanden sein sollte.

Die Einschlüsse sind aber nicht in allen, wie in den oben genannten Fällen auf den Solitair beschränkt, sondern finden sich in manchen Sämereien in jedem Kleberkorne einer jeden Zelle. So z. B. in Ricinus, Croton, Curcas, in Diclythra, Fumaria, Linum, Canabis, Peucedanum, Eriosynaphe, Nicotiana, Casuarina. Man prüft zu untersuchende Sämereien auf sie, indem man dünne Scheibenschnitte aus dem Samen einige Minuten auf der gewölbten Oberfläche eines Tropfens Ammoniak schwimmen lässt, die Scheibenschnitte dann hinwegnimmt, und die, auf den Grund des Tropfens niedergefallenen, ungelösten Körper, nach Verdunstung oder Hinwegnahme des Ammoniaks, mit Jodwasser anfeuchtet, durch welches ungelöst gebliebene Aleuronkerne sich gelb färben, während die Einschlüsse ungefärbt bleiben.

Unter Oel, bei schrägem Lichteinfalle betrachtet, zeigt die Oberfläche des Kleberkorns dicht gestellte, kleine Schattenringe, ähnlich der Aufsicht auf die Oberfläche eines Fingerhutes (Fig. 29 c d, Fig. 4 g, Fig. 5 i). Es macht diese Bildung den Eindruck, als seien es halbkugelige, unter der Hüllhaut liegende Vacuolen die sie veranlassen, wie solche an den beiden Endflächen des rhomboedrischen Füllkornes von Pistia Stratiotes (Fig. 30 e) deutlicher hervortreten. Ich vermuthe: dass diese Bildung mit der Duplicatur der äusseren Hüllhaut in Beziehung steht, die, wie ich sogleich zeigen werde, als ein, einem doppelhäutigen Ptychodeschlauche analoges Gebilde betrachtet werden muss.

In einigen Sämereien (Laurus Pichurim Fig. 30 f, Pistia Fig. 30 e, Strychnos, Coffea, Pangium, Galactodendron, Myrthus Pimenta, Dipterix, Theobroma, Juglans, Quercus, Citrus) nimmt ein einziges, sehr grosses Kleberkorn fast den ganzen Zellraum ein, wenn nicht Stärkekörnchen neben ihm vorkommen, die dann mehr oder weniger tief in die Substanz des Kleberkorns hinein gedrückt sind, wie dies die Lücken am Rande von Fig. 30 f andeuten. Obgleich im Allgemeinen die Charaktere des Klebermehls tragend, weichen diese Körnchen, die ich Füllkörner genannt habe, doch in Manchem vom gewöhnlichen Klebermehle ab; auch darin: dass sie meist natürlich gefärbt sind und nur in besonderen, vereinzelten, oder Reihen bildenden Zellen vorkommen, besonders schön im sogenannten englischen Gewürz (Myrthus Pimenta).

Die Form des Klebermehls ist in den meisten Fällen der Kugel- oder Eiform nahe stehend (Taf. IV, Fig. 1 d). Diese einfachsten Formen erleiden aber nicht selten Abänderungen, entweder mechanisch, durch gegenseitige Pressung im geschlossenen Raume, die häufig erst mit dem Austrocknen des reifen Samenkorns und mit der damit verbundenen Volumverringerung eintritt (Fig. 5 i, 6 h), oder durch mehr oder minder vollständige Krystallisation des Aleuron selbst (Fig. 29 d e, 30 a, 24 a c), oder durch Sonderung desselben in mehrere Portionen innerhalb der gemeinschaftlichen Hüllhaut (Fig. 29 a, b, m), die oft selbst wieder zu mehreren Krystallen sich formen (Fig. 28 b, e—g) und Zwillingsbildungen veranlassen, oder endlich durch sackförmiges Hervortreten eines randständigen, nach aussen nur von der Hüllhaut abgeschlossenen Raumes (Fig. 29 c—e, Fig. 30 a,

b, bb, i), oder durch spiessige Krystalle im Innern der Aleuronmasse (Fig. 29 h, Menispermum, Scorzonera). Selten sind Abweichungen in der äusseren Form, die sich nicht auf eine dieser Ursachen zurückführen lassen. Es ist dies der Fall beim stabförmigen Klebermehl aus dem Arillus von Myristica (Muscatblüthe — Macis Fig. 30 m).

Die Empfindlichkeit des Klebermehls gegen Wasser und das Zerfliessen desselben unter Zutritt, selbst der geringsten Mengen des letzteren, kann man sich zur Anschauung bringen, wenn man einige Kleberkörnchen von Lupinus, Corylus, Vitis auf der Objectplatte mit starkem Alkohol befeuchtet und diesen frei verdunsten lässt. Gegen das Ende der Verdunstung zerfliessen die Körnchen unter den Augen des Beobachters, das Zerflossene erstarrt aber sofort zu einer glasigen, bald in Contractionsrisse zerspringenden Masse. Die geringe Menge des im Alkohol enthaltenen, oder von ihm aus der Luft aufgenommenen Wassers genügte, das in Alkohol an sich unlösliche Kleberkorn zu lösen.

b) Bestandtheile.

§. 95. Mit Ausschluss eines einzigen Falles habe ich das Klebermehl wie das Stärkemehl nur in bestimmter Körnerform gefunden, meist in eiförmigen Körnern (Taf. IV, Fig. 1 d), die nicht selten durch gegenseitigen Druck polyedrisch gepresst sind (Fig. 5 i), was wohl zu unterscheiden ist von den nicht seltenen Fällen, in denen die Körner wahre Krystallformen besitzen, durch wirkliche Krystallisation ihrer, von einer Hüllhaut eingeschlossenen Aleuronmasse (Fig. 29 e, 30 a). In einigen Sämereien krystallisirt dieselbe nicht zu einer, sondern zu mehreren Portionen, es entstehen dann innerhalb derselben Hüllhaut Zwillings-, Drillings-, Mehrlings-Bildungen (Fig. 28 a—h), wie wir solche auch beim Stärkemehle vorfinden. (Die oben erwähnte Ausnahme bezieht sich auf die Winterwurzeln von Asparagus officinalis, in deren Zellen ein, wie mir scheint formloser Stoff abgelagert ist, der sich zu salpetersaurem Quecksilber wie zu Jod ganz so verhält wie körniges Klebermehl. Vielleicht muss man hierher auch das rosenrothe Klebermehl aus dem Samen von Chrysobalanus Icaco und Cuninghamia Sinensis zählen).

Wenn man von denjenigen Klebermehlarten, die durch aussergewöhnliche Grösse eine Unterscheidung verschiedener Bestandtheile möglich machen, auf das Allgemeine schliesst, so besteht das Kleberkorn aus einer äusseren, stofflich vom Inhalte verschiedenen Hüllhaut, oder vielmehr aus einem, die äussere Hüllhaut bildenden, doppelhäutigen Ptychodeschlauche, dessen Ptychoderaum, meist nur an einer Stelle des Umfanges, sich nach innen, seltner nach aussen erweitert, zur Aufnahme verschiedenartiger, organisirter Körper, die wir als Einschlüsse näher kennen lernen werden, während der Innenraum des nackten Ptychodeschlauches mit dem festen, entweder amorphen oder krystallinischen Aleuron erfüllt ist, Unterschiede, die oft in derselben Zelle nebeneinander vorkommen, wie z. B. in der Paranuss, deren Kleberkörnchen meist eiförmig (Taf. IV, Fig. 29 c) und nur sehr vereinzelt krystallinisch sind (Fig. 29 d, e), während in anderen Sämereien jedes Kleberkorn krystallinische Form besitzt (Myristica Taf. IV, Fig. 30 a, Pistia Fig. 30 e, Sparganium Fig. 24 c), oder doch einen krystallinischen Aleuronkern einschliesst, der in eine amorphe Aleuronmasse eingebettet ist, durch welche das Kleberkorn zur Kugel- oder Eiform abgerundet wird (Ricinus Fig. 23 a—g).

Man versinnlicht sich den Bau des Klebermehlkorns am besten, wenn man auf dessen frühesten Zustand als doppelhäutiges Saftbläschen zurückgeht (Taf. IV, Fig. 13, III, Fig. 7 8, II, Fig. 12 links daneben). Während der Innenraum dieser Saftbläschen sich mit Aleuron füllt, bilden sich an einer oder der anderen Stelle des Ptychoderaums die Einschlüsse aus, und veranlassen dadurch, wie der Zellkern in Taf. III, Fig. 25 a b, eine, nach dem Innenraum gerichtete Einstülpung der innneren Schlauchhaut, in welcher die Einschlüsse lagern. Je nachdem die Einstülpung der inneren Schlauchhaut mehr oder weniger tief in das Innere des Kleberkorns eingedrungen ist, zeigen sich die Einschlüsse mehr in der Mitte des Korns gelagert. Dahin gehören die Grosskörnchen (Solitaire) von Lupinus Taf. IV, Fig. 5 i, von Corylus Fig. 4 g, von Vitis Fig. 3 e, k, l. Obgleich versenkt, erkennt man den Raum bei Vitis doch schon am unverletzten, in Oel liegenden Korne sehr gut durch seine Grösse und scharfe Begrenzung (Fig. 3 k, l); dasselbe ist auch der Fall bei Ricinus (Fig. 1 d), woselbst er durch einen starken Schlagschatten am Ende eines jeden Körnchens deutlich wird. In anderen Fällen tritt dieser Innenraum an die Grenze des Kleberkorns und erscheint dort als die beutelförmige Fortsetzung der äusseren Hüllhaut über eine, wie angefressen aussehende Stelle der Klebermasse. Fig. 29 c—f zeigt dies am Kleberkorne von Bertholletia, Fig. 30 a aus Myristica, b aus Croton, Fig. 28 a—f aus dem kugeligen, übrigens ricinusähnlichen Samen einer Euphorbiacee (Pasqualita) des südlichen Nordamerika. In noch anderen Fällen bildet

der wandständige Raum einen blasenähnlichen Anhang (Fig. 30 i aus Canarium commune), oder er wird ein centraler, die Klebermasse in zwei Hälften theilender (Fig. 29 i aus Verbena venosa). Selten fehlt er auch den Grosskörnchen gänzlich, wie denen von Camellia Fig. 30 h, Pistacia, Paeonia, Fraxinus etc., noch weit seltner tritt er doppelt bis dreifach an demselben Korne auf, z. B. bei Linum Fig. 29 l; selbst da, wo das Kleberkorn Zwillingsbildungen zeigt, findet sich an den vereinten Körnchen in der Regel nur ein Raum (Fig. 28 c, e—f).

In Bezug auf die chemische Zusammensetzung des Klebermehls hat sich aus einigen, in hiesigem Laboratorio von Herrn Kubel ausgeführte Bestimmungen des Stickstoffgehaltes, durch Erhitzen des Klebermehls mit Natronkalk und Auffangen des gebildeten Ammoniak in titrirter Schwefelsäure ergeben: dass, von mir selbst mikroskopisch rein dargestelltes Klebermehl der Paranuss (Bertholletia excelsa) 9,46 %, der gelben Lupine 9,26 % Stickstoff enthielt. Eine, auf Bestimmung der übrigen Bestandtheile gerichtete Elementaranalyse, so wie Bestimmungen des Schwefel- und Phosphorgehaltes fehlen zur Zeit noch; wir wissen aber, durch Untersuchungen der, aus Klebermehl-Emulsionen abgeschiedenen Stoffe: des in Wasser löslichen Pflanzeneiweisses (Albumin) und Käsestoffs (Legumin), des in Wasser unlöslichen, in Alkohol löslichen Pflanzenleims (Gliadin) und des in Wasser und Alkohol unlöslichen Pflanzenfibrin (Zymom), dass diese, den Proteinkörpern Mulders angehörenden Stoffe im Allgemeinen aus 55 Kohlenst., 23,3 Sauerst., 7,2 Wasserst. und 14,5 Stickst. zusammengesetzt sind, denen nahe 1 % Schwefel (zum Theil auch Phosphor) mechanisch beigemengt sind.

Für weitere chemische Untersuchungen wird man zunächst solche Sämereien zu wählen haben, deren Klebermehl frei von Einschlüssen ist. Die Samen von Pinus Pinea, von Lupinus albus, Fraxinus, Paeonia, Clematis, Berberis werden sich dazu am besten eignen. Kristallinisches Aleuron wird man am leichtesten aus dem Samen von Sparganium ramosum und aus Ricinus communis, Weisskerne aus der Paranuss, krystallinische Kranzkörper aus Rosinenkernen, aus dem Klebermehle von Coriandrum, Conium, Phellandrium, Krystalloide aus Fumaria officinalis, in einer für die Analyse genügenden Menge herstellen können.

a) Die Hüllhäute.

§. 96. Dass das Kleberkorn von einer besonderen Hüllhaut umschlossen ist, lässt sich an den Solitairen und an allen grösseren Mehlarten mit Bestimmtheit nachweisen. Ohne Weiteres erkennt man diese Haut da, wo mehrere Aleuronkrystalle gemeinschaftlich von ihr eingeschlossen sind und der Raum innerhalb letzterer von den Krystallen nicht völlig in Anspruch genommen wird (Fig. 30 g, k, l Magnolia, Nyssa, Thuja, Carica, Panax, Elaeis etc.). Die Hüllhaut giebt sich alsdann als ein mehr oder weniger faltiger Sack zu erkennen. Eine eigenthümliche, grubige Struktur, die der Aufsicht auf das Kleberkorn das Ansehn der Oberfläche eines Fingerhutes giebt (Fig. 29 c, d, k, l etc.), setzt sich bis zum Rande der Hüllhaut fort, auch da wo diese wie ein lockerer Schleier die Aleuronkrystalle einhüllt, gehört also der Hüllhaut selbst an, oder vielmehr dem, die Aleuronmasse einschliessenden, doppelhäutigen Ptychodeschlauche. Man erhält die Hüllhäute sehr schön und isolirt zur Ansicht, wenn man Scheibenschnitte aus dem Samen von Lupinus, Viburnum, Primula, Vaccinium, einige Zeit auf dem Filter mit der Spritzflasche behandelt (Bot. Zeit. 1856, S. 275) und einen Tropfen des Waschwassers der Untersuchung unterwirft. Salpetersaures Quecksilber färbt nur den Inhalt der Kleberkörner und lässt die Hüllhaut ungefärbt. Am leichtesten erhält man dieselbe zur Ansicht, wenn man das Mehl von Moringa aptera mit Ammoniak behandelt. Das Mehlkorn quillt dadurch zur Blase auf, die endlich platzt, das gelöste Aleuron nach aussen abgiebt und darauf zu einem faltigen, ziemlich derben Schlauche zusammenfällt.

Dass die äussere, häutige Begrenzung des wandständigen Raumes eine Fortsetzung der Hüllhaut des ganzen Kornes sei, lässt sich an grossen Solitairen, mit grossem, wandständigem Raume, oft schon durch Behandlung des Mehls mit Terpentin nachweisen, in Folge dessen die äussere Hüllhaut von der Aleuronsubstanz sich abhebt und ihre Fortsetzung über die Lücke erkennen lässt. Schwieriger ist die Nachweisung, dass auch die innere Grenze der wandständigen Lücke mit einer Hüllhaut bekleidet sei. Die besten Bilder liefert das gereinigte Mehl der Paranuss, wenn man dasselbe über die Objectplatte so fein ausstäubt, dass die Körnchen vereinzelt liegen, dann mit breitem Deckglase deckt, und Karminwasser in geringer Menge zwischen Objectträger und Deckglas einziehen lässt. Man sieht dann zuerst das Zerfallen der Aleuronmasse in kleinere, meist scharf rhomboedrische Theile (Fig. 29 f), die sich endlich auflösen und verschwinden, indem ihre Lösung, durch die unverletzten Hüllhäute hindurch, in die umgebende Flüssigkeit übergeht, während die Hüllhäute selbst, durch Wassereinsaugung, zu kugeligen Blasen anschwellen. Diese Blasen zeigen nun im Kleinen ganz das Bild eines

nackten Ptychodeschlauches mit Intracellularkanälen und Zellkernbeutel, der jedoch leer erscheint, während ein knolliger Körper, der Weisskern, den wir weiterhin als einen metamorphosirten Zellkern kennen lernen werden, aus ihm in eine Erweiterung des peripherischen Ptychoderaums übergegangen ist. Fig. 29 g habe ich eine solche, aus einem einzelnen Kleberkörnchen der Paranuss durch Karminwasser hergestellte Blase abgebildet. Die Stelle wo der knollige Weisskern (w) lagert, ist der frühere, randständige Raum, äusserlich begrenzt durch die gemeinschaftliche Hüllhaut des Kleberkorns (Ptychoide), innerhalb begrenzt durch die Ptychode des Schlauchs.

Aehnliche Bilder liefert der Solitair von Lupinus luteus kurz vor der Reife des Samens, wenn die Samenlappen ihre grüne Farbe bereits in Gelblich umgeändert haben. Jodglycer auf Scheibenschnitte gegeben, zeigt alsdann das bis $^{1}/_{60}'''$ grosse Korn in der, Fig. 30 c dargestellten Bildung. Ein krystallinischer Körper lagert in einem kugeligen Raume, von dessen Grenze aus, intracellularkanal-ähnliche Figuren sich in den übrigen Räumen des Korns verzweigen, wie dies Fig. 30 c darstellt.

Wenn man das Klebermehl einer Behennuss (Moringa aptera) in Oel auswäscht und zwischen Fliesspapier trocknet, darauf unter Deckglas in Ammoniak bringt, erweitert sich das Volumen jedes Körnchens, sowohl der Solitaire als der Kleinkörner, bis zum Doppelten seines früheren Durchmessers, in Folge einer Aufsaugung bedeutender Mengen der umgebenden Füssigkeit, durch welche die Hüllhaut zur Kugelform expandirt und von einem, nun deutlich erkennbaren, inneren Schlauchkörper abgehoben wird, dessen körniger Inhalt durch das Reagens sich braunroth färbt. In vielen Fällen erscheint der gefärbte Innenschlauch als ein isolirter, kugeliger Körper, das ist er aber nie, sondern er steht stets in Verbindung mit der Hüllhaut; die ihn bekleidende Haut ist nichts Anderes als die Einstülpung einer zweiten, inneren Schlauchhaut (Ptychode) im Umfange des Korns, in ähnlicher Weise, wie dies Taf. III, Fig. 3 und Fig. 25 b darstellt. Wendet man mit etwas Wasser verdünntes Ammoniak an, so erhält man häufig Bilder wie Taf. IV, Fig. 30 k, die ich so verstehe, dass die Innenhaut eines nackten, doppelhäutigen Ptychodeschlauchs, von einer Stelle der Peripherie aus, eine Einstülpung in den Innenraum gebildet hat, von welcher aus Intracellularkanäle nach dem peripherischen Ptychoderaume hin verlaufen. Diese Einstülpung der inneren Schlauchhaut ist es, welche den inneren, gefärbten Ballen umschliesst, sie ist es, welche in anderen Fällen die innere Begrenzung des, schon in Oel erkennbaren, wandständigen Innenraums bildet.

Nach den hier mitgetheilten Thatsachen ist also das Kleberkorn ein doppelhäutiger, nackter Ptychodeschlauch, dessen Innenraum mit der Aleuronsubstanz erfüllt ist, während die beiden Schlauchhäute unmittelbar aneinander liegen und gemeinschaftlich die äussere Hüllhaut bilden, bis auf diejenige Stelle, die ich den randständigen Raum genannt habe, der durch das Auseinandertreten der beiden Schlauchhäute entsteht, sich häufig in das Innere des Korns erweitert durch sackförmige Einstülpung der inneren Schlauchhaut, und die Einschlüsse enthält, die wir als Abkömmlinge des Zellkerns oder eines Kernkörperchens kennen lernen werden.

Auch mit dem Entwickelungsverlaufe des Klebermehls stimmt vorstehende Deutung recht gut überein, der natürlich nur da sich der Beobachtung zu erkennen giebt, wo diese durch ungewöhnliche Grösse des betheiligten Organismus begünstigt ist. Ueberall, wo Solitaire von ungewöhnlicher Grösse entstehen, sieht man kurz vorher den bis dahin nachweisbaren Zellkern einen Monophysalid entwickeln (Taf. IV, Fig. 4 e aus Corylus), in dessen Ptychoderaume die zum Solitair heranwachsenden Zellkernreste lagern, dessen Kernkörperchen zum Kranzkörper des Solitairs wird (Fig. 4 f); ich komme hierauf specieller zurück bei der Schilderung des Entwickelungsverlaufs verschiedener Sämereien.

b) Die Aleuronsubstanz.

§. 97. Nach dem vorstehend Mitgetheilten füllt dieselbe den Innenraum eines doppelhäutigen Physalideschlauchs und bildet den Hauptbestandtheil des Kleberkorns in einer meist ungefärbten, mindestens wachsharten, dabei aber spröden, durch Druck in scharfkantige Stücke zerspringenden Masse, die durch Jodalkohol oder Jodglycerin goldgelb, durch salpetersaures Quecksilberoxyd unter Entwickelung von Gasblasen ziegelroth, mitunter rosenroth gefärbt wird. In Alkohol, Aether, fetten und flüchtigen Oelen unlöslich, wird sie in den meisten Fällen durch Wasser, Säuren und Alkalien, so wie durch Glycerin und Zuckerlösung, wenn auch langsam aufgelöst. Ihre Löslichkeit in Wasser ist jedoch eine verschiedene. Während es Klebermehlarten giebt, die bei der Berührung mit Wasser sofort zerfliessen: Camellia, Hamamelis, Viburnum, Frangula, Rhamnus etc. giebt es andere, die der Wirkung von Wasser und selbst von Ammoniak lange Zeit wiederstehen. Das Klebermehl von Sparganium, Myristica, Ptelea, Ilex, Pedicularis, Leuzea, Hibiscus, Eremurus etc. ist in dieser Hinsicht ausgezeichnet. In

noch anderen Fällen ist die Löslichkeit des Aleuron in demselben Kleberkorne eine verschiedene; es bleibt ein krystallinischer Aleuronkern in Wasser und in Ammoniak ungelöst, während eine, den Aleuronkern einhüllende, amorphe Aleuronmasse sehr rasch gelöst wird. Taf. IV, Fig. 27 a zeigt die natürliche Form des Kleberkorns von Ricinus, b—g zeigen die krystallinischen Aleuronkerne die ungelöst zurückbleiben, wenn man Scheibenschnitte aus dem Samen in einem Tropfen Wasser oder Alkohol auswäscht. Aehnlich verhält sich das Klebermehl vieler anderer Euphorbiaceen, das von Linum, Cannabis, Arbutus, Vinca, Nyssa, Viola etc.

Bei der Auflösung des Klebermehls in Wasser wird die Hüllhaut desselben zerstört und mengt sich in Molekülen dem gelösten Aleuron bei, wenn grosse Wassermengen zum Kleberkorne treten. Wird die Wasserwirkung verlangsamt, durch Zutritt geringer Mengen, oder durch einhüllendes Oel, oder durch den Verschluss in der nicht durchschnittenen Zelle, so erhält sich die Hüllhaut unzerstört, das Aleuron wird derselben durch das Wasser allmählig extrahirt. Scheibenschnitte aus trocknem Lupinensamen, auf dem Filter mit wenig Wasser während einiger Stunden behandelt, lassen die entleerten Hüllhäute der Kleberkörnchen in den Scheibenschnitten wie ein kleinmaschiges Zellgewebe erkennen. Das Mehl der Behennuss (Moringa) oder der Paranuss (Bertholletia) zeigt die entleerten Hüllhäute (Taf. IV, Fig. 29 g und Fig. 30 k) schon recht gut unter Deckglas bei Zutritt geringer Wassermengen. In anderen Fällen bleibt eine Hüllhaut nicht zurück, wahrscheinlich durch geringere Derbheit derselben, die eine Zerstörung und Auflösung in ihre molekularen Theile zur Folge haben mag.

Das durch Wasser gelöste Aleuron erhärtet nach Verdunsten der Feuchtigkeit zu einer glasigen, in Risse zerspringenden, durchsichtigen Masse, deren Verhalten zu Reagentien dasselbe ist, wie innerhalb der Hüllhäute.

In nicht seltenen Fällen erkennt man im Kleberkorne weder einen Raum noch Einschlüsse; das Korn scheint nur aus der Hüllhaut und aus der strukturlosen Aleuronsubstanz zu bestehen. Dahin gehören das Klebermehl von Camellia, Pistacia, Fraxinus, Calycanthus, Halesia, Lithospermum, Berberis, Daphne, Ilex, Cynara etc.

In anderen Fällen ist die Klebermasse durch den versenkten (Corylus, Fagus, Vitis, Phylliraea, Anona, Chionanthus, Ruellia, Rubus, Populus), oder randständigen (Ricinus, Croton, Elaeagnus, Stenochilus, Coffea, Pinus, Alnus, Leuzea etc.) Raum unterbrochen, bildet aber auch hier noch eine ungetrennte Masse, die dem Korne eine meist abgerundete Form giebt, in nicht seltenen Fällen aber in bestimmter Krystallform auftritt, die wir nur in sehr seltenen Fällen auch beim Zellkerne wiederfinden (Taf. III, Fig. 18 a).

Die auf das ganze Kleberkorn verbreitete Krystallisation der Aleuronsubstanz erstreckt sich nur in aussergewöhnlichen Fällen auf alle Körner. Es ist dies der Fall bei Sparganium (Taf. IV, Fig. 24 c), bei Pistia (Fig. 30 e), bei Myristica (Fig. 30 a), bei einer unter dem Namen „Pasqualita" aus dem südlichen Nordamerika bezogenen Euphorbiacea mit kugelrundem, sonst wie Ricinus gebautem Samen (Fig. 28 a—h). Viel häufiger zeigen nur einzelne Körner Krystallform, während die Mehrzahl der Körnchen kugelig oder eiförmig ist, andere den Uebergang aus der abgerundeten in die Eiform zu erkennen geben durch einzelne, hervortretende Ecken, Kanten oder Flächen. So z. B. das Klebermehl von Bertholletia excelsa (Fig. 29 c, d, e), von Passiflora, Viola, Potentilla, Nicotiana etc. Die Formen, in denen die Krystalle ausgebildet sind, gehören grösstentheils dem sphäroedrischen Systeme an. Der Kubus (Fig. 28) und das Octaeder (Fig. 27 f, 30 a) finden sich in sehr scharf ausgeprägten Körpern; das Tetraeder hingegen kommt nie isolirt, sondern stets als dreiseitige Doppelpyramide vor, aus der durch Abstumpfung aller Längskanten die sechsseitige Doppelpyramide, und durch gleichzeitige Entscheitelung der 14flächner entsteht (Fig. 27 c, e, d). Ausser diesen Krystallformen, die in demselben Samen und derselben Zelle untereinander gemengt vorkommen, findet sich in anderen Samenarten das Rhomboeder oft bis zur Schärfe des isländischen Doppelspaths ausgebildet. So bei Bertholletia (Fig. 29 e), Pistia (Fig. 30 e), bei Vinca, Vaccinium, Hyoscyamus und mehreren Palmensamen.

Aber nicht in allen Fällen hat die ganze Aleuronmasse des Kleberkorns Krystallform angenommen, sondern nur ein mehr oder weniger grosser Kern derselben, während die denselben umlagernden, stofflich nicht verschiedenen Aleuronschichten im amorphen Zustande verblieben sind und das Korn abrunden, so dass dasselbe, in Oel betrachtet, die gewöhnliche Form und Bildung der eirunden Körnchen zeigt. In solchen Fällen ist der krystallinische Aleuronkern in Wasser schwerer löslich als die ihn umgebende, amorphe Aleuronsubstanz, und man erhält den krystallinischen Kern zur Ansicht, wenn man Scheibenschnitte auf der gewölbten Oberfläche eines Wassertropfens einige Minuten liegen lässt, dann die Scheibenschnitte und das Wasser von den auf den Objectträger niedergefallenen Aleuronkernen wegnimmt. Der Same von Ricinus ist für dieses Experiment am geeignetsten. Die, Fig. 27 a dargestellte, natürliche Form des Klebermehls ändert sich dadurch in die, eben-

daselbst (b—h) abgebildeten Krystallformen, die dann vermittelst Jod und salpetersaurem Quecksilber weiter geprüft werden können. Durch ersteres werden die Kerne braungelb, durch letzteres ziegelroth gefärbt. Innerhalb der unzerstörten Hüllhaut kann man die krystallinischen Aleuronkerne wie die kleinen, kugelrunden Einschlüsse (Weisskerne) sich zur Ansicht verschaffen, wenn man Scheibenschnitte in einem Probirgläschen mit starkem Alkohol auswäscht, einen Tropfen der, durch die isolirten Kleberkörnchen milchig gefärbten Flüssigkeit auf der Objectplatte unter Deckglas verdunsten lässt und die abgetrockneten Kleberkörnchen dann mit Jodwasser färbt.

Beachtenswerth ist die wochenlange Dauer der Aleuronkerne in Wasser, selbst unter Zutritt der freien Luft. Auch die Krystalle von Myristica und Sparganium halten sich in Wasser lange Zeit ungelöst. Deshalb darf man aber doch nicht sagen: dass die Krystallisation eine geringere Löslichkeit mit sich führe, denn die scharf ausgeprägten Krystalle von Bertholletia und Pistia lösen sich in Wasser eben so rasch, als die nicht krystallinischen Körner.

Haben wir bis daher die Fälle betrachtet, in denen die ganze Klebermasse amorph, oder die ganze Klebermasse krystallinisch ist, oder ein krystallinischer Kern sich im Innern einer amorphen Klebermasse ausgebildet hat, so haben wir nun noch eine Reihe von Fällen zu beachten, in denen die Aleuronmasse eines und desselben Korns, innerhalb der gemeinschaftlichen Hüllhaut deutlich in mehrere Portionen getrennt ist, Bildungen, die ich dem componirten Stärkemehle zur Seite stellen möchte.

Auch im componirten Kleberkorne finden wir die, für das einfache Korn so eben bezeichneten Unterschiede in der Gestaltung der Klebermasse: die Portionen des Aleuron füllen entweder die Hüllhaut des Kleberkorns in gleichartigen Massen gänzlich aus, oder sie liegen, voneinander und von der Hüllhaut getrennt, innerhalb einer, wie es scheint körnigen, getrübten Aleuronsubstanz. Im ersten dieser beiden Fälle sind die einzelnen Kleberportionen entweder gerundet und nur durch gegenseitigen Druck polyedrisch gepresst (Taf. IV, Fig. 24 b aus Carex Grayana; Fig. 27 h aus Ricinus, Fig. 30 b aus Croton), oder sie sind krystallinisch (Fig. 24 c aus Sparganium, Fig. 24 a aus Cladium, Fig. 28 c, e, f, g aus der Ricinus-ähnlichen Pasqualita; ferner aus Corydalis fungosa. Auch im zweiten Falle zeigen sich die einzelnen, compacten Kleberportionen entweder kugelig, oder doch wenigstens ballenförmig bei Myrica cerifera Fig. 29 a, b, bei Pinus austriaca, Saussurea, Corydalis nobilis etc., oder sie sind krystallinisch bei Magnolia Fig. 30 g, bei Thuja Fig. 29 k, bei Nyssa, Vinca, Marica graminea etc. Die äussere Hüllhaut umschliesst alsdann die vereinten Aleuronkrystalle wie ein zu geräumiger Sack.

Ueberall wo langgestreckte Formen des Klebermehls vorkommen entspringen diese, wie ich meine, einer Trennung der Klebermasse in mehrere Portionen, die sich mehr oder weniger regelmässig linear aneinander reihen. Am häufigsten zeigen sich solche Bildungen bei den kleinsten Kleberkörnern der Leguminosen, wo sie mitunter ziemlich lange Ketten bilden. So bei Phaseolus und Vicia in den Räumen zwischen den Stärkekörnern (Taf. IV, Fig. 29 m). Das Klebermehl der Pasqualita Fig. 28 f, g, von Corydalis fungosa bildet einen guten Uebergang dorthin. Eine sehr interessante, an das schenkelknochenförmige Stärkemehl im Milchsafte der Euphorbien (Taf. III, Fig. 33) erinnernde Kleberbildung findet sich im Arillus der Muskatnuss (sogenannte Muskatblüthe — Macis), dessen Körnchen aus der vierseitigen, kurzen, mitunter etwas gekerbten Platte in die Stabform übergehen und dann nicht selten an den beiden Enden des Stabes knollig erweitert sind (Taf. IV, Fig. 30 m).

Zu den componirten Körnern dürfte auch das, mitunter wie mit einem Messer von aussen eingeschnittene Kleberkorn der Camellia oleifera (Fig. 30 h) gehören, dessen ich bereits in der Bot. Zeitung 1856 S. 317 ausführlicher gedacht habe.

Eine beachtenswerthe Eigenthümlichkeit des krystallinischen Aleuron besteht darin, dass in den ersten Momenten der Wassereinwirkung auf grössere, leicht lösliche Krystalle, dieselben in eine Mehrzahl kleinerer, ähnlich gebildeter Krystalle zerfallen, ganz so, wie manche rhomboedrische Kalkspathe oder Feldspathe leicht in kleinere Krystalle ähnlicher Form sich zerspalten lassen. Bringt man Klebermehl der Paranuss (Taf. IV, Fig. 29 c—e) unter Deckglas mit Karminwasser in Berührung, so zeigen viele Körner, vor Beginn der rasch eintretenden Lösung, sich in der Fig. 29 f dargestellten Zersplitterung der Aleuronmasse in kleine Krystalle. Der Same von Magnolia, Liriodendron, Daphne, Cryptomeria, Smyrnium, Sambucus, Salvia und die oelhaltigen Nüsse mehrerer Palmenarten liefern ähnliche Bilder, wenn man Scheibenschnitte auf die gewölbte Fläche eines Tropfens Jodwasser legt und sofort die Veränderungen unter dem Mikroskope verfolgt, welche das sich lösende Kleberkorn erleidet.

Unter den componirten Kleberkörnchen finden sich häufig solche, die an die Bildung der Zwillings-

krystalle anorganischer Körper dadurch erinnern, dass gleichgeformte Theile mit gleichnamigen Flächen symmetrisch verwachsen sind, z. B. Taf. IV, Fig. 27 g, 28 c, e. Diese scheinbaren Zwillingsbildungen dürfen jedoch nicht auf gleiche Stufe gestellt werden mit unorganischen Zwillingskrystallen. Sie sind meiner Ansicht nach das Produkt symmetrischer Selbsttheilung eines Physalideschlauches, in gleicher Weise entstanden wie wir das componirte Stärkekorn (Taf. III, Fig. 10), oder das Chlorophyllkorn (Taf. III, Fig. 7) entstehen sehen. In den mitzutheilenden Entwickelungsfolgen werde ich zeigen, dass das Kleberkorn nur in seltenern Fällen sich unmittelbar aus den Kernstoffkörpern des Zellkerns entwickelt, dass es meist entsteht durch Umbildung der Substanz vorgebildeter, componirter Stärke- oder Chlorophyllkörner. Da, wo mit dieser Stoffwandlung eine Krystallisation des sich umbildenden Stoffes verbunden ist, entsteht dann aus dem symmetrischen Stärkemehlzwilling (Taf. III, Fig. 10 d), oder aus dem symmetrischen Chlorophyllzwilling (Taf. III, Fig. 7 d) der symmetrische Klebermehlzwilling (Taf. IV, Fig. 27 g, 28 c, e). Taf. IV, Fig. 5 o zeigt einen in der Umbildung zum Kleberdrilling stehenden Stärkemehldrilling, dessen Kerne noch Stärkemehl, dessen Ränder bereits Klebermehl sind.

Ueber die Herausbildung der Krystallform lässt sich nur so viel durch directe Beobachtung nachweisen, dass diese nicht durch freie Apposition wie am anorganischen Krystalle, sondern innerhalb einer, die krystallinisch erstarrende Substanz dicht einschliessenden Hüllhaut vor sich geht; woraus dann folgt: dass auch hier es nicht die formlosen Stoffe des Ptychoderaums sind, welche zum Kleberkrystalle zusammentreten, sondern dass diese erst vom Kleber-Physalid aufgenommen werden müssen; dass auch das Kleberkorn durch Intussusception wachse. Beachtenswerth ist in dieser Hinsicht: dass das junge Aleuronkorn, wenn es kaum den zehnten Theil seiner endlichen Grösse erreicht hat, sehr bestimmt die Krystallform des Aleuronkorns im ausgebildeten Kleberkorne erkennen lässt, die später erst verloren geht durch amorphes Aleuron, das sich zwischen Aleuronkern und Hüllhaut ablagert und dem Korne die sehr regelmässige Eiform giebt, wie dies Taf. IV, Fig. 1 d, Fig. 27 a zeigt.

Hiernach gehört in jedem einzelnen Kleberkorne die Aleuronsubstanz nicht dem Ptychoderaume sondern dem Innenraume an, steht daher zum eigenen Organismus nicht in demselben Lagerungsverhältniss wie das Amylon, Inulin, Chlorophyll, Cellulose zu deren Organismen, gleicht hierin vielmehr dem Zellkerne.

c) Die Einschlüsse.

§. 98. Im randständigen oder versenkten Raume des Kleberkorns, also an einem dem Ptychoderaume der Zelle entsprechenden Orte und zwar als Substitut eines Zellkerns oder eines oder mehrerer Kernkörperchen, finden sich eigenthümlich geformte, von der Substanz des Aleuron stofflich verschiedene Körper, wie aus deren abweichendem Verhalten zu Reagentien hervorgeht. Ich unterscheide in dieser Hinsicht die Weisskerne, mehr oder weniger kartoffelknollenförmige, stärkemehlähnliche Körper (Fig. 29 c, e, f, g, Fig. 19 b—f), von den Kranzkörpern (Fig. 15 a—f, Fig. 20 a—e) und von den Krystalloiden (Fig. 19 g—r Vitis, Fig. 16 a—o Lupinus, Fig. 21 a—g Taxodium).

Nicht jedes Klebermehl enthält solche Einschlüsse. Selbst den sehr grossen Solitairen von Camellia, Fraxinus, Evonymus, Moringa, Calycanthus etc. fehlen dieselben gänzlich. In anderen Fällen enthält nur der Solitair Einschlüsse (Corylus Fig. 4 g Kranzkörper; Vitis Fig. 3 e, i sternförmige Kranzkörper, k Weisskern, l Krystalloid; Lupinus Fig. 5 i Krystalloid; Prunus, Vaccinium etc.), oder alle Körnchen sind damit versehen (Diclytra, Casuarina, Styrax, Linum, Canabis, Ricinus, in letzterem Weisskerne Fig. 27 a—f). Meist enthält jedes Kleberkorn nur einen Einschluss und diese sind alle von gleicher Art (Lupinus luteus, Fumaria, Prunus, Corylus), oder es sind verschiedene Arten von Einschlüssen in verschiedene Kleberkörner vertheilt; so bei Vitis (Silybum, Apargia, Urospermum), woselbst ein Theil der Solitaire sternförmige Kranzkörper (Fig. 3 e—h und i), ein anderer Theil Weisskerne (Fig. 3 k), wenige nur Krystalloide (l) führen. Es kommen aber auch Fälle vor, in denen die Zahl der gleichartigen Einschlüsse in einem und demselben Kleberkorne eine grössere ist; so bei Coryandrum und Conium (Fig. 30 d), Lagoetia, Cuminum, Diclytra etc.

Grosse spiessige Krystalle im Innern des Klebermehls von Menispermum Cocculus (Fig. 29 h) scheinen nicht hierher zu gehören, sondern mit der Bildung der gleichzeitig in den Klebermehlzellen vorkommenden, freien Stearopten in Beziehung zu stehen. Dagegen enthalten die Solitaire von Scorzonera hispanica und von Notobasis syriaca stabförmige Einschlüsse ähnlicher Art, die sicher zu den Krystalloiden gehören.

Von dem, wie ich gezeigt habe, häufiger in krystallinischer Form vorkommenden Aleuron unterscheiden sich die Einschlüsse durch ihre Unlöslichkeit in Wasser, so wie dadurch, dass sie weder von Karmin, noch von

Jodlösung, noch von salpetersaurem Quecksilber gefärbt werden, sondern hierin ein, dem Inulin *) ähnliches Verhalten zeigen. Man kann sich daher die Einschlüsse eines jeden Klebermehls leicht zur Ansicht verschaffen, wenn man davon Scheibenschnitte auf der Oberfläche eines gewölbten Tropfens Jodlösung einige Minuten liegen lässt. Die unlöslichen Rückstände fallen dann aus den schwimmenden Scheibenschnitten auf den Boden des Objectträgers und können dort nach Hinwegnahme der Schnitte, nöthigenfalls auch des Wassers, unter Deckglas oder unter flacher Oelschicht beobachtet und geprüft werden. Was in der Jodlösung ungefärbt bleibt gehört den Einschlüssen an; unlösliche oder schwer lösliche Aleuronkerne hingegen, werden durch dies Reagens gelb oder rothbraun gefärbt.

Fassen wir zuerst die Formverschiedenheiten der Einschlüsse ins Auge, so ist zunächst die grosse Aehnlichkeit, wenn nicht Gleichheit des Kranzkörperchens (Fig. 15 a b, Fig. 20 a) mit einem Entwickelungszustande des Kernkörperchens im Zellkerne überraschend, den ich vorhergehend ebenfalls den Kranzkörperzustand genannt habe (Taf. II, Fig. 5). Ich habe gezeigt, dass aus dem Kranzkörperchen der neue Zellkern entstehe, indem die peripherischen Globen zu den Kernstoffkörpern, der centrale Globus zum neuen Kernkörperchen, die Hüllhaut des Kranzkörperchens zur Hüllhaut des Zellkerns heranwächst. Einer sehr ähnlichen Metamorphose ist nun auch das Kranzkörperchen des Klebermehls unterworfen, beobachtet an keimendem Samen von Prunus insititia Fig. 15 a, f. Im Mittelpunkte des centralen Globus entsteht ein Punktfleck (b), der sich bald zu einem Bläschen erweitert (c, d), zwischen welchem und einer äusseren Hüllhaut die gleichfalls sich vergrössernden, peripherischen Globen, in die Fläche eines Kugelmantels hinausgedrängt (e, f) und zu Brutbeuteln des neu entstandenen Ptychoderaumes für die Chlorophyllbildung umgewandelt werden, während das im Innern regenerirte Kernkörperchen sich zum neuen Zellkerne ausbildet. Auch im keimenden Samenkorne von Carpinus sah ich die peripherischen Globen des Kranzkörperchens im Umfange einer sich erweiternden, centralen Blase (Fig. 20 e). Berücksichtigt man nun ferner den Umstand, dass, in vielen Fällen nachweisbar, das Kranzkörperchen des Solitairs im reifenden Samenkorne unmittelbar an die Stelle des verschwindenden Zellkerns tritt (Fig. 3 d, e, Fig. 4 e, f, g), so darf man wohl die Ansicht hinstellen: es sei der kranzkörperförmige Einschluss des Klebermehls von Corylus, Fagus, Carpinus, von Prunus, Cerasus, Amygdalus, Viburnum, Anona, Hamamelis etc. nichts Anderes als das Kernkörperchen des verschwundenen Zellkerns; es sei derselbe Organismus, jedoch mit verändertem Stoffgehalte.

Schon in Carpinus sehen wir die Kranzkörper der Solitaire häufig eine, in die Länge gestreckte Form und eine eigenthümliche, strahlige Anordnung der peripherischen Kügelchen annehmen und es ist wohl nicht zu gewagt, die sternförmigen Einschlüsse von Vitis, Phylliraea (Fig. 3 e—h), von Conium, Coryandrum (Fig. 30 d) als Kranzkörper zu betrachten, in denen die peripherischen Globen ihren Inhalt zu Krystallen ausgebildet haben, während der centrale Globus ein Bläschen bildet, das sehr häufig einer Durchlöcherung der Substanz des Einschlusses ähnlich ist, und das ich deshalb bildlich die Perforation nannte. Dass die sternförmigen Einschlüsse nichts Anderes seien als Kranzkörper mit krystallisirtem Inhalt der peripherischen Globen, geht auch schon hervor aus deren Verhalten zu salpetersaurem Quecksilberoxyd. Isolirt und mit diesem Reagens behandelt, erhalten die Sterne genau die Kranzkörperform (Fig. 20 a), der centrale Globus derselben färbt sich ziegelroth, ist also noch stickstoffhaltig, während die peripherischen Globen ungefärbt bleiben.

*) Inulin habe ich in Samenkörnern bis jetzt nicht aufgefunden, auch da nicht, wo es reichlich im Zellgewebe der Wurzeln oder der Knollen abgelagert ist. Da dieser, seinen ganzen Entwickelungs- und Formverhältnissen nach, ebenfalls hüllhäutige Körper auch dem Stamme und der Wurzel ausdauernder Holzpflanzen zu fehlen scheint, so habe ich ihm bisher nur wenig Arbeit zugewendet. Obgleich in seiner chemischen Constitution mit dem Stärkemehl übereinstimmend, ist es doch ein, von diesem durchaus verschiedener Körper, den man am besten zur Ansicht erhält, wenn man Scheibenschnitte aus den Wurzeln oder Knollen von Leontodon, Cichorium, Inula, Helianthus tuberosus, Georgina variabilis unter Jodglycerin beobachtet. Es zeigt sich derselbe alsdann ähnlich einem kleinkörnigen, mehrfach componirten Stärkemehl, oft in grösseren Mengen eingeschlossen in eine gemeinschaftliche Brutbeutelhaut. Verfolgt man die Bildung des Inulin in jungen Wurzeltrieben, so erkennt man dasselbe schon körnig innerhalb eines centralen Zellkerns, der sich allmählig bis zur Ausfüllung des ganzen Zellraums vergrössert. Die Entstehung aus Kernstoffkörperchen des Zellkerns scheint mir durchaus dieselbe zu sein wie die des Stärkemehls oder des Chlorophyll. Das Inulinkorn wird aber von Jod gar nicht gefärbt. Dem entgegenstehende Angaben beruhen wahrscheinlich auf Verwechselung mit Milchsaft-Tröpfchen, die durch das Messer in die durchschnittenen Zellräume gelangen und durch Jod goldgelb gefärbt werden. Ausser Jodglycer sind: Austrocknen unter flacher Oelschicht und Essigsäure, gute Hülfsmittel der Untersuchung. Salpetersaures Quecksilber löst das körnige Inulin ohne vorhergehende Expansion.

Es ist jedoch nicht meine Meinung, dass der Stern aus einem fertigen Kranzkörperchen wirklich hervorgehe, sondern ich will damit nur die Verwandtschaft zwischen beiden hervorheben. Wo sternförmige Einschlüsse vorkommen, finden sich zu keiner Zeit Kranzkörper und umgekehrt finden sich in Sämereien, deren Klebermehle letztere eigenthümlich sind, keine Sterne. Es herrscht hierin sogar ein sehr bestimmt ausgeprägter Familientypus. Bei den Ampelideen und Umbelliferen finden sich Sterne, bei den Amygdaleen und Corylaceen Kränze, bei den Fumariaceen Zwillingsplatten (wie bei Lupinus), wo Einschlüsse den Arten derselben überhaupt zuständig sind.

Nimmt man an, dass die kranzförmigen und die sternförmigen Einschlüsse in naher Verwandtschaft zu einander stehen, so zeigt besonders das Klebermehl des Rosinenkerns so leise Uebergänge von den Sternen zu den parallelseitigen und in regelmässig stereometrischen Körpern auftretenden Krystalloiden (Fig. 19 g—r), die auch hier bei Vitis auftretende Zwillingsplatte (l) ist so vollständig gleichgebildet der Zwillingsplatte im Solitair von Lupinus luteus (Fig. 5 i) und in sämmtlichen Kleberkörnchen von Diclytra spectabilis, Fumaria officinalis, dass es scheint, als müsse man auch diese mit den Sternen und Kränzen unter eine Rubrik stellen.

Ein sowohl am Kranz als am Stern und an der Zwillingsplatte vorhandener, im Mittelpunkte des Körpers liegender Schlagschatten, der häufig erweitert ist, sich schärfer umschrieben zeigt und dann das Ansehn einer Durchbrechung gewinnt, würde nach obiger Ableitung dem centralen Globus des Kernkörperchens im Zellkerne entsprechen, und in der Wirklichkeit ein Bläschen mit oder ohne Füllung sein, das eigentliche Centralorgan aller ferneren Neubildung von Physalide-Keimen durch fortgesetzte Furchung in seinem Inneren. Damit stimmt dann auch recht gut überein: dass im Sterne von Vitis nur dieser centrale Raum von salpetersaurem Quecksilber roth gefärbt wird, dass die Zwillingsplatte im Solitair von Lupinus luteus während des Reifens in der That Physalide bildet, die beiderseits von der Perforation aus hervortreten und sich abschnüren (Fig. 16 a—h), und dass in derselben Pflanze, beim Keimen, die Zwillingsplatte sich wieder zum Physalid umbildet (Fig. 16 k—o), worüber ich in der Entwickelungsgeschichte des Samens dieser Pflanze mehr berichten werde.

Dagegen muss man die Weisskerne als Körper betrachten, die mit den Kranzkörpern und Krystalloiden nur insofern in Berührung stehen, als sie, wenigstens in einzelnen Fällen die Zeuger letzterer sind.

Die Weisskerne sind kartoffelknollenförmige bis $^1/_{200}$''' im Durchmesser haltende, meist aber weit kleinere, im Kleberkorne lagernde Körper, in Farbe, Durchscheinigkeit und Lichtbrechung kleinen Stärkekörnchen ähnlich, in Wasser und Ammoniak unlöslich, wie Inulin durch Jod und salpetersaures Quecksilber ungefärbt, in letzterem wie Stärkemehl aufquellend, aber durch Leichtlöslichheit in Essigsäure unterschieden; vom Stärkemehl wie vom Klebermehl durch die gänzlich mangelnde Reaction auf Jod leicht zu unterscheiden.

In Bertholletia, Daphne, Liriodendron, Stenochilus, Vaccinium, Ricinus, Sapindus, Maclura, Casuarina etc. finden sich nur Weisskerne als Einschluss und in denselben keine weitere Einschachtelung anderer Körper. Anders verhält sich dies mit den meisten derjenigen Sämereien, die in ihrem Klebermehle sternförmige Einschlüsse führen. Besonders die Ampelideen entwickeln diese Einschlüsse nicht frei im wandständigen Raume des Kleberkorns, sondern im Innern eines Weisskerns, der daher zum Zeuger des sternförmigen Einschlusses wird.

Fig. 19 a—f und s—w habe ich den zweifach verschiedenen Entwickelungsverlauf des Weisskerns aus den Solitairen des Klebermehls der Rosinenkerne verzeichnet, so weit sich dieser folgern lässt aus der Nebeneinanderstellung verschiedener Weisskernbilder im reifen Samenkorne. Die Solitaire desselben sind nicht alle gleich gebildet. Etwas mehr als die Hälfte derselben enthalten sternförmige Einschlüsse und zeigen sich wie Fig. 3 e oder i. Der Stern nimmt nur $^1/_3$—$^1/_2$ des Durchmessers vom Solitair ein (e), oder er hat sich in seltneren Fällen auf Kosten der Klebermasse des Solitairs in dem Maasse vergrössert, dass er fast den ganzen Solitair bildet (i). In anderen Solitairen sieht man keinen Stern, sondern nur einen oder mehrere verschmolzene Hohlräume (Fig. 3 k, l), in denen ein Weisskern lagert, der jedoch, so lange er im Kleberkorne liegt, sich nicht erkennen lässt. Um ihn zu erkennen muss man das Klebermehl zuvor in Wasser oder Ammoniak auflösen und die Weisskerne isoliren. An einem, vor etwa einem Jahre hergestellten, in Glycerin aufbewahrten Präparate dieser Art erkenne ich sehr scharf die, Fig. 19 a dargestellte Schichtenbildung, in anderen Körnchen ein centrales Luftbläschen b, von dem eine gefaltete Schlauchhaut in anderen Fällen abgetreten ist (c d), die endlich einen zackigen Umriss und durch diesen das Bild des Sternkörpers giebt. Es ist daher hiernach der Stern in einem geschichteten Weisskerne entstanden, er hat sich auf Kosten der Substanz desselben allmählig vergrössert

und dieselbe endlich mehr oder weniger vollständig verbraucht. In anderen Fällen, einer zweiten Entwickelungsreihe angehörend, bildet sich im Mittelpunkte des Weisskerns anstatt eines Luftbläschens und des Sterns ein einfaches, schlauchartiges Gebilde mit granulirtem Inhalte, das, ebenfalls von verschiedener Grösse, doch nur in seltenen Fällen den grössten Theil des Weisskernraumes einnimmt (Fig. 19 s—w). Diese letzteren Weisskerne sind es, welche aus den Solitairen Fig. 3 k stammen. Ich glaube in einigen Fällen gut gelungener Solitairdurchschnitte eine grüne Farbe der Körnchen des Schlauches unterschieden zu haben.

Beachtenswerth ist das sehr verschiedene Massenverhältniss der Einschlüsse zu dem Kleberkorne. In den meisten Fällen ist dasselbe auf Seite der Einschlüsse ein sehr geringes, die häufig so klein werden, dass sich kaum noch bestimmen lässt ob solche vorhanden sind oder nicht. Bei Bertholletia hingegen bildet der Weisskern wohl $^{1}/_{10}$—$^{1}/_{6}$ der Masse des Korns, und die Menge ist nicht unbedeutend, da alle Körner Einschlüsse führen. Bei Vitis wird der Sternkörper oft so gross, dass er vom Kleberkorn nur noch Spuren übrig lässt (Fig. 3 i); bei Coryandrum, Conium etc. mehrt sich die Zahl der Sterne in ein und demselben Korne (Fig. 30 d) und ihre Masse beträgt dann gewiss über die Hälfte des Klebers. Bei Curcas liegt in einem wandständigen Raume ein stets sehr kleiner Stern, oft kaum als solcher erkennbar (Fig. 30 b); im Samen des nahe verwandten Phyllanthus ist der Stern karikirend gross geworden, so dass das cubische oder octoedrische Korn zu ihm nur als ein kleiner Anhang erscheint (Fig. 30 bb), in den meisten Fällen gänzlich resorbirt ist.

Bei Lupinus luteus enthält der Solitair, bei Diclytra, Fumaria enthält jedes Mehlkörnchen zwei oder einen krystallinischen Einschluss, bestehend aus zwei congruenten Platten von vier- bis sechsseitiger Form, die man betrachten kann als sehr flache Querscheiben vier- oder sechsseitiger Pyramiden, untereinander zum Zwilling verwachsen mit den Schnittflächen von geringerem Durchmesser. Taf. IV, Fig. 5 i zeigt den Krystalloid von der Seite gesehen, Fig. 16 a und i zeigt die Plattenform und deren centrale Perforation. Aehnliche Formen finden sich unter den Einschlüssen des Solitairs von Vitis (Taf. IV, Fig. 19 l), bei Fagus, Carpinus, Corylus, Elaeagnus, Linum etc. Seine Herleitung aus dem Kernkörperchen des Zellkerns zeigt Taf. IV, Fig. 16 i, Fig. 19 b—l (s. die Entwickelungsfolgen von Lupinus luteus und Vitis) und zwar der Art: dass die centrale Perforation dem centralen Globus, dass die Umgebung der Perforation den, zur Krystallform verschmolzenen, peripherischen Globen angehört.

In den meisten Fällen bleibt der Krystalloid in dem, durch das Keimen ausgesogenen Zellgewebe der Samenlappen oder des Endosperm ungelöst zurück, bei Lupinus luteus allein tritt er beim Reifen als Stellvertreter des Zellkerns in der Physalidenbildung auf (Taf. IV, Fig. 16 a—h) und verwandelt sich beim Keimen in Saftbläschen (daselbst k—o), wie ich dies in der Entwickelungsfolge des Samens von Lupinus luteus näher darlegen werde.

Dem Krystalloid sehr ähnliche Bildungen erhält man, wenn man Scheibenschnitte aus Lupinus, zur Zeit wenn die Samenlappen ausgewachsen aber noch grün gefärbt sind, mit Karmin-Ammoniak behandelt. Taf. IV, Fig. 17 a—g stellt die Hauptformen der auf diesem Wege erzeugten Krystalle dar; r—w giebt Krystallformen, die man auf gleichem Wege erhält aus dem Safte unreifer und reifer Trauben. Die aus dem Safte von Lupinus sehr häufig anschiessende Form des sechsstrahligen Sterns bildet einen guten Uebergang zur Krystallform der künstlich dargestellten, phosphorsauren Ammoniak-Magnesia (sechsstrahliger Stern mit rechtwinklich den Strahlen aufsitzender Fiederung), und es ist nicht unwahrscheinlich: dass es ein diesem Körper nahe verwandtes Phosphorsalz ist, welches durch Ammoniak aus dem Pflanzensafte scheidet, worin wir dann wiederum einen Fingerzeig finden würden, auf den Stoffgehalt jener natürlichen Einschlüsse des Klebermehls.

Taf. IV, Fig. 17 a—e zeigt unvollkommen ausgebildete Krystalle, durch Ammoniak aus dem Safte der Lupine dargestellt. Sie lassen eine Zusammensetzung mehrerer kleinerer Körnchen zu Zwillingen, Drillingen etc. erkennen und ähneln sehr den organischen Formen der Kranzkörperchen wie den jungen, componirten Chlorophyll-, Stärke- und Kleberkörnchen. Neben diesen unvollkommen ausgebildeten Krystallen kommen dann aber andere noch häufiger vor, in denen die Zusammensetzungstheile Flächenkörper geworden sind. Die Figuren i, k, l entsprechen der Zwillingsbildung e; sie erinnern an die natürlichen Formen der Einschlüsse bei Lupinus Fig. 16 a b, bei Vitis Fig. 19 i—l. Der Drilling Fig. 17 d findet sich wieder in den Figuren m und n und diese Drillinge sind es, welche, mit ihrer Basis gleichaxig zu zweien vereint den Körper o, mit ihren abgestumpften Spitzen verwachsen den Körper p, mit ihrer Basis ungleichaxig vereint den Körper q bilden, welche durch seitliche Verwachsung den Körper r bilden, der dann wiederum, zum Zwillinge dritten Grades vereint, den Körper s, und durch Abstumpfungen die Körper t—w bildet, deren Formen besonders bei Lupinus luteus sich wieder-

finden. Der Vierling findet sich wieder in den krystallinischen Formen g, h, denen sich die natürlichen Formen der Einschlüsse von Vitis Fig. 19 q, r anschliessen, während der Sechsling b, in f wie in Fig. 16 a und in Fig. 19 n—p, seine Vertreter findet.

Krystalle, die durch Karmin-Ammoniak aus dem Safte unreifer Weinbeeren ausscheiden, zeigen die Eigenthümlichkeit: dass der Farbstoff nur theilweise in die Krystallisation eingeht, bestimmte Stellen färbend, andere ungefärbt lassend, wie dies Fig. 17 r—w darstellt.

c) Vorkommen des Klebermehls.

§. 99. Das Klebermehl ist wie das Stärkemehl ruhender Bildungsstoff, bereitet von den Assimilationsorganen der Pflanze gegen Ende ihrer Vegetationsperioden, aufgespeichert als Reservenahrungsstoff für die folgende Periode erneuten Wachsthums. In grösster Menge findet es sich daher im reifen Samenkorne. Hier allein ist es häufig zu bedeutender, der Beobachtung günstiger Grösse entwickelt. Hier fehlt es nie, weder in den Samenlappen und im Stengel des Keims, noch im Endosperm, noch im Perisperm, wo letztere Magazine von Reservestoffen sind. Selbst die an Stärkemehl reichsten Sämereien der Gräser, Riedgräser, der Phaseolen, Viciaceen, Polygoneen, Chenopodeen, Caryophylleen, der Eichen, Kastanien, Rosskastanien enthalten zwischen ihren Stärkekörnern stets auch Kleberkörner, die hier aber meist das Minimum ihrer Grösse erreichen. Dagegen enthält die grosse Mehrzahl der Sämereien gar kein Stärkemehl, sondern nur Klebermehl und fettes Oel, ein Beweis, dass letztere für die Ernährung der jungen Keimpflanze wichtiger sind als das Stärkemehl. Wo das Stärkemehl dem Samenkorne fehlt, da tritt allerdings sehr häufig an dessen Stelle eine, erst gegen die Reife hin sich entwickelnde, zweite Zellwandung, die im Keimungsprocesse wieder aufgelöst wird und daher gleichfalls als Reservenahrungsstoff betrachtet werden muss, so bei den Palmen, Lilien, Asphodeleen, allein dies ist doch keineswegs allgemein, es giebt eine Menge von Sämereien, die nur Klebermehl und Oel enthalten, deren Zellgewebe demohnerachtet stets sehr dünnwandig bleibt, z. B. Ricinus, Amygdalus, Pinus, Corylus, Moringa, Bertholletia.

Für die mehrjährige Pflanze sind, wie ich §. 65 erörtert habe, Wurzel und Stamm das Magazin der, von einem Jahre auf das andere zu übertragenden Reservestoffe. Hier ist unstreitig das Stärkemehl und als Stellvertreter das Inulin viel allgemeiner und in viel grösseren Mengen die Form, in welcher der Bildungsstoff überwintert; es fehlt aber auch hier das Klebermehl nicht als sein Begleiter. Man kann sich leicht davon überzeugen, wenn man Scheibenschnitte aus stärkemehlreichen Wurzeln (Fagus, Robinia, Platanus, Aesculus) oder aus Knollen mit salpetersaurem Quecksilber behandelt. Es bleibt dann zwischen den Lagerstätten der aufgelösten Stärkekörnchen dasselbe ziegelrothe Netzwerk zurück wie in Scheibenschnitten aus Bohnen, Wicken, Erbsen, woselbst die Färbung unzweifelhaft von Kleberkörnchen herrührt, die aber schon dort so klein sind, dass sie sich in Körnerform nur schwierig nachweisen lassen. Es ist möglich, dass das Aleuron in vielen Wurzeln im gelösten Zustande vorkommt, der amorphe Kleber in den Winterwurzeln von Asparagus spricht hierfür. Mit Gewissheit vermag ich hierüber bis heute noch nichts zu berichten. Die grossen Mengen von Eiweiss und Gleis, dem Umwandlungsprodukt des Klebermehls, die man auch aus Wurzeln wie aus dem Splintsafte der meisten Holzarten zu ziehen vermag, beweisen das allgemeine Vorhandensein des Klebermehls auch in tieferen Baumtheilen.

Hier beschränke ich meine, das Vorkommen betreffenden Mittheilungen auf Sämereien.

Bei den Najaden, Aroideen und Piperaceen ist Stärkemehl der vorherrschende Reservestoff, doch treten auch hier einzelne Gattungen auf, wie Calla, Carludovica, Pistia, in denen dasselbe durch Klebermehl vertreten ist. In Potamogeton ist der Embryo allein Träger der Reservestoffe.

Die Gräser, Riedgräser, Simsen und Rohrkolben enthalten in ihrem Samen vorherrschend Stärkemehl, mit Ausschluss des Keims, der, so weit meine Beobachtungen reichen, überall nur kleinkörniges Klebermehl in allen seinen Zellen führt. Im Endosperm enthält die äusserste Zellenlage, ebenfalls ohne Ausnahme kleinkörniges Klebermehl. An der dem Embryo zugewendeten Seite desselben sind in den meisten Fällen eine Mehrzahl von Zellenschichten frei von Stärkemehl, erfüllt mit Klebermehl; an der dem Embryo abgewendeten Seite ist die zweite, dritte, vierte Zellenlage nur ausnahmsweise frei von Stärkemehl, in der Mehrzahl der Fälle mengen sich dem kleinkörnigen Klebermehle schon in der zweiten Zellenlage Stärkemehlkörnchen bei, deren Zahl und Grösse in den tieferen Zellenlagen zunimmt, so dass in der Regel schon in der dritten Zellenlage das

Stärkemehl überwiegt, in tieferen Zellenlagen das Klebermehl nur noch in vereinzelten Körnchen aufzufinden ist. Wo die Stärkemehlkörnchen so zahlreich werden, dass sie sich gegenseitig pressen, wie z. B. im Samen des Mais, der Hirse, der Sorghohirse, da erkennt man das Klebermehl in Körnerform nur in den äussersten Zellenlagen, in denen die Stärkekörner noch vereinzelt liegen; sein Vorkommen auch in den tieferen Zellenlagen giebt sich aber zu erkennen durch die goldgelbe Farbe, welche Jodwasser der Grenze zwischen je zwei Stärkemehlkörnchen ertheilt, ganz gleich der Farbe, welche das körnige Klebermehl der Aussenzellen unter gleichen Umständen annimmt. Bestimmter noch überzeugt man sich von der Zwischenlagerung eines, nirgends formlosen, sondern nur stark comprimirten, kleinkörnigen Klebermehls zwischen den gepressten Stärkekörnchen, wenn man zarte Querscheiben aus dem Samenkorne mit salpetersaurem Quecksilber behandelt. Man sieht alsdann zwischen den ungelöst zurückbleibenden Hüllhäuten der Stärkekörnchen einen Stoff, welcher die, unter diesen Umständen dem Klebermehle eigenthümliche, bei den Gräsern mehr kirsch- als ziegelrothe Färbung annimmt und endlich in ebenso gefärbte, kugelige Tröpfchen sich zusammenzieht.

Taf. IV, Fig. 23 a zeigt eine isolirte Mehlzelle aus dem Endosperm des Haferkorns. Man erhält solche leicht zur Ansicht, wenn man grobe Scheibenschnitte aus recht grossen Körnern der Hafergrütze in Jodwasser zerdrückt. Um die Lagerung der Klebermehlkörnchen zwischen den grossen, wie wir gesehen haben mehrfach componirten Stärkekörnchen (§. 83) deutlicher zu zeigen, habe ich in der Figur die kugeligen Räume für letztere offen gelassen. Das Klebermehl ist hier, im Verhältniss zu verwandten Gattungen ziemlich gross, unregelmässig geformt, und erhält sich auch im Wasser längere Zeit ungelöst, eine Eigenschaft, die dem Klebermehle der Cerealien überhaupt zuständig ist und die Beobachtung wesentlich erleichtert.

Taf. IV, Fig. 23 c ist eine Mehlzelle aus dem Samenkorne von Koeleria hirsuta, nur darin von der vorhergehenden Figur unterschieden, dass die, hier geringere Zahl der grossen Stärkekörnchen in eine überwiegende Menge kleinkörnigen Klebermehls gebettet ist, in Folge dessen die Körnerform des letzteren sich erhalten hat. Dieses Bild dient zugleich für die Zellen der zweiten und dritten Lage zunächst der Oberhaut fast aller Cerealien.

Das ziemlich gleichmässig zwischen die Stärkemehlkörner vertheilte Klebermehl zieht sich in anderen Fällen klumpenweise zusammen in einem, meist centralen, seltner wandständigen Zellraume. Einen solchen Fall zeigt Taf. IV, Fig. 23 b aus dem Samenkorn von Elymus dauricus. Der centrale Ballen besteht hier noch aus kleinkörnigem Klebermehle. Behandelt man Scheibenschnitte aus diesem Samen mit salpetersaurem Quecksilber, so bleibt, nach Auflösung des Stärkemehls, ein centraler, rother Kleberballen zurück, wie in erstarrten Seifenschaum gebettet, durch die ihn umgebenden, verkitteten Hüllhäute des Stärkemehls, in deren Intercellularräumen geringe Mengen von roth gefärbtem Kleber lagern; ein Beweis, dass auch in diesem Falle das Vorkommen des Klebermehls nicht auf den centralen Ballen beschränkt ist.

In den Riedgräsern und Simsen wird das Verhältniss zwischen Stärkemehl und Klebermehl ein, den Gräsern entgegengesetztes, so weit es die einzelne Mehlzelle betrifft. In den Gräsern findet sich das Stärkemehl in mehr oder weniger groben, das Klebermehl immer in sehr kleinen Körnern. In den Riedgräsern und Simsen ist das Stärkemehl sehr kleinkörnig, das Klebermehl hingegen wird grobkörnig, tritt, wie in den Gräsern das Stärkemehl, häufig in componirten Formen auf, und erlangt in Menge nicht selten das Uebergewicht (Schoenus, Isolepis). *)

Taf. IV, Fig. 24 b ist eine Zelle aus dem Samen von Carex Grayiana. Die mittleren, grösseren Ballen sind Klebermehl, in denen man deutlich eine Zusammensetzung aus kleineren Kleberkörnchen erkennt, die sich gegenseitig in polyedrische Formen gepresst haben, ganz entsprechend dem, Taf. I, Fig. 78 dargestellten Stärkemehl aus Oryza. Die Zahl und Grösse dieser componirten Kleberkörner wird in einzelnen Zellen so bedeutend, dass sie das Stärkemehl bis auf geringe Mengen verdrängen, das dann zu ihnen in denselben Menge- und Lagerungsverhältnissen steht, wie umgekehrt in der Zelle des Haferkorns das Klebermehl zum Stärkemehle. Was dort (Taf. IV, Fig. 23 a) Klebermehl, ist hier Stärkemehl und umgekehrt.

Bei Scirpus lacustris sind die componirten Kleberkörnchen wie Taf. IV, Fig. 24 b gestaltet, aber im Mittelpunkte der Zelle zu einem Ballen zusammengezogen, der, wie es scheint von einer eigenen Hüllhaut um-

*) Auch in den stärkemehlreichen Leguminosen ist das Stärkemehl grobkörnig, das Klebermehl feinkörnig. Bei Tetragonolobus hingegen ist das Klebermehl grobkörnig, das Stärkemehl feinkörnig.

schlossen ist, wenigstens deuten sehr eigenthümliche Erscheinungen darauf hin, die man durch Einwirkung von salpetersaurem Quecksilber erhält, die ich aber noch zu wenig durchschaue, um schon jetzt etwas Weiteres darüber berichten zu können.

In Cladium germanicum (Taf. IV, Fig. 24 a) erhalten die kleinen, meist aus 2—4zählig componirten, dem Stärkemehl unregelmässig eingestreuten Kleberkörnchen krystallinische, dem sphäroedrischen Systeme angehörende Formen, die wir auch bei Fimbristylus, Mariscus, Isolepis wiederfinden.

In Sparganium ramosum endlich (Taf. IV, Fig. 24 c) hat sich alles Klebermehl im Mittelpunkte der Zelle zusammengezogen und bildet dort einen Körper von bedeutender Grösse, bestehend aus Krystalldurchwachsungen, deren Einzeltheile theils rhomboedrische, theils octoedrische Formen zeigen. Am schönsten erkennt man die Krystalle, wenn man grobe Scheibenschnitte aus dem Endosperm in Jodglycerin zerdrückt, wodurch die Stärkekörnchen blau, die Kleberkrystalle goldgelb gefärbt werden. Mit salpetersaurem Quecksilber behandelt, schmilzt die Krystalldruse zu einer kirschrothen Kugel, unter denselben Expansionserscheinungen ihrer Umgebung, auf die ich bereits oben hingedeutet habe. Auch diese Krystalle sind, wie die von Myristica, im Wasser schwer löslich.

Typha stimmt mit Sparganium zwar überein, alle Theile sind aber sehr klein und dadurch weniger instructiv. Dasselbe gilt vom Samenmehle der Gattung Cyperus, in welchem ebenfalls ein krystallinischer Kern die Mitte des Zellraums einnimmt.

Hiermit ist nun aber das Vorkommen des Klebermehls im Samen der Cerealien und nahe verwandter Familien noch nicht erschöpft. Bei denjenigen Sämereien, die componirte Grosskörner führen, findet es sich ferner auch im Innern letzterer als kleinkörniges Mehl, und verhält sich dort in seinem Lagerungsverhältniss zu den Klein- und Mittelkörnchen genau ebenso, wie es sich in der Zelle zu den Grosskörnchen verhält.

Am ausgezeichnetsten auch in dieser Hinsicht ist das Mehl von Avena sativa. Durch Anwendung von Jodglycer auf sehr zarte Scheibenschnitte wird man sich leicht überzeugen: dass das, durch lebhaft goldgelbe Färbung unter diesem Reagens sich auszeichnende Klebermehl, nicht allein zwischen den Grosskörnchen, sondern auch zwischen den Mittelkörnern in jedem Grosskorne abgelagert ist. Ich habe bereits §. 83 darauf hingewiesen, dass dieses eingeschlossene Klebermehl sehr wahrscheinlich entstehe aus den Pilen der Mittelkörnchen. Auch hier leistet salpetersaures Quecksilber, angewendet auf, durch Quetschung isolirte Grosskörner, treffliche Dienste, indem es das, zwischen den ungelösten Hüllhäuten der Mittelkörner lagernde Klebermehl durch dessen Röthung hervorhebt.

Unter den Agrostideen sind es vorzugsweise die Gattungen Lagurus und Agrostis, in deren Samen die, mit sehr kleinen Stärkemehl-Kleinkörnern erfüllten Grosskörner eine Beimengung grösserer Quantitäten von eben so kleinkörnigem Klebermehle erkennen lassen, das nicht selten ein, bis zur gänzlichen Verdrängung der Stärkekörnchen steigendes Uebergewicht erlangt. Taf. III, Fig. 45—48 zeigt Körnchen aus dem Samen von Lagurus ovatus. Das Korn Fig. 45 ist genau eben so geformt und eben so gekörnelt, wie die vorherrschenden Stärkekörner (Taf. III, Fig. 46—48), es wird aber durch Jod nicht blau, sondern in allen seinen Theilen goldgelb, durch salpetersaures Quecksilber roth gefärbt; die Kleinkörnchen des Stärkemehls sind hier durch Kleinkörnchen des Klebermehls vollständig ersetzt. Daneben findet man andere Grosskörner, in deren noch vorherrschender Klebermasse ein oder mehrere, grössere oder kleinere Stärkemehl-Mittelkörner gebettet sind, in deren jedem man deutlich die, durch Jod blau gefärbten Kleinkörner des Stärkemehls erkennt (Taf. IV, Fig. 46—48). In der grossen Mehrzahl der Körner ist das Klebermehl durch das Stärkemehl vollständig verdrängt.

Ich finde diese Bildungen häufiger in solchen Samenkörnern, die nicht vollständig ausgetragen scheinen, und es ist daher wohl möglich, dass wir in ihnen verschiedene Entwickelungszustände des Stärkemehlkorns vor uns haben, die nicht zur vollen Ausbildung kommen konnten, in Folge vorzeitiger Ernte. Die Mehrzahl der componirten Mehlkörnchen in gemeinschaftlicher Hüllhaut wären dann als Mittelkörnchen (§. 83) zu betrachten, die auf Kosten des umgebenden Klebermehls sich vergrössern und endlich die ganze Hüllhaut ausfüllen.

Auch das, Taf. III, Fig. 38 und Fig. 37 d vergrössert abgebildete Grosskorn von Victoria Regia ist hierher zu ziehen. Behandelt man solche isolirte Grosskörner mit salpetersaurem Quecksilber, so bleibt ein, den aufgelösten Kleinkörnchen entsprechendes Netzwerk zurück (Fig. 40), in dessen Intercellularräumen man noch deutlich das, durch das Reagens roth gefärbte Klebermehl erkennt.

Die Colchicaceen, Asparagineen, Liliaceen, Dioscoreen, Narcisseen, Irideen und Orchideen enthalten, so weit meine Untersuchungen reichen, nur Klebermehl und Oel in einer, wie bei den

Palmen meist aussergewöhnlich verdickten, oft in salpetersaurem Quecksilber löslichen, mitunter von Jodlösung kirschroth oder braun sich färbenden Zellwand. Solitaire sind häufig (Fritillaria, Lilium, Phormium, Cypripedium, Neottia); seltner sind Aleuronkerne oder Einschlüsse (Asphodelus, Bulbine, Anthericum).

In den Commelineen, Pontederiaceen, Alismaceen, Parideen, Bromeliaceen, Musaceen, Amomeen, Hydrocharideen und Nymphäaceen ist das Stärkemehl vorherrschend. Bei Bromelia crasia, Pitcairnia punicea, Strelitzia und Canna erinnert dessen Bau und, besonders bei Strelitzia die sehr langgestreckte Spindelform an die Entstehungsweise des Stärkemehls im Haferkorne. Wie bei den Gräsern enthält auch hier der Keim kein Stärkemehl sondern Klebermehl.

Bei den Palmen scheint das Stärkemehl gänzlich zu fehlen. So weit das, in meinem Besitze befindliche Material ausreicht, muss man hier zwei Gruppen unterscheiden. Bei Phytelephas, Chamaerops, Sabal, Areca, Geonoma ist der Wandungsstoff vorherrschend, die Menge des Klebermehls und Oels gering. Bei Cocos, Elaeis, Jubaea, Astrocarya sind die Zellwandungen nicht aussergewöhnlich verdickt, die Endospermzellen enthalten grosse Mengen von Oel und Klebermehl, letzteres mit Solitairen, in denen krystallinische Aleuronkerne liegen. Phoenix bildet den Uebergang zwischen beiden Gruppen.

Bei den Cycadeen hingegen ist das Stärkemehl sowohl in Endosperm als im Embryo vorherrschend. Die Stärkekörnchen sind in kleinkörniges Klebermehl gebettet, ähnlich denen der Phaseolen und Viciaceen.

Bei den Nadelhölzern herrscht das Klebermehl. Stärkemehl habe ich bis jetzt nur in den Gattungen Araucaria, Salisburia und Cembra gefunden. Die klebermehlhaltigen Nadelholzsämereien enthalten meist grosse Solitaire mit wandständigem Innenraume, keine Einschlüsse aber häufig Aleuronkrystalle.

Unter den Kätzchenbäumen führen nur einige der ächten Cupuliferen (Quercus, Castanea) vorherrschend Stärkemehl; bei Fagus, bisweilen auch bei Corylus kommt es noch in einzelnen Körnern vor. Hier wie bei den übrigen Corylaceen, bei den Betulaceen und Salicineen enthält der randständige Innenraum des Klebermehls die mannigfaltigsten Einschlüsse.

Juglans, Carya, Pterocarya — Casuarina, Myrica — Platanus, Liquidambar — Empetrum — Coriaria enthalten nur Klebermehl.

Dasselbe ist der Fall bei den Fraxineen, Urticeen, Euphorbiaceen und Monimieen. Unter ihnen sind besonders die Euphorbien ausgezeichnet durch krystallinische Aleuronkerne wie durch Einschlüsse. Bei den Urticeen herrscht die Zwillingsform der Kleberkörner (Taf. IV, Fig. 28, 29 a), aber ohne äussere Krystallform. Nur bei Artocarpus und Galactodendron tritt neben den Füllkörnern auch Stärkemehl auf.

Die Cycadeen, einige Nadelholzgattungen, Quercus, Castanea, Artocarpus und Galactodendron ausgenommen, enthält das Samenkorn der diclinen, mehrsamenlappigen Pflanzen also nur Klebermehl (vorbehaltlich einer nicht grossen Zahl von Gattungen, deren Samen mir noch nicht zu Händen gekommen ist), während in den einsamenlappigen Pflanzen das Stärkemehl als Reservestoff vorherrscht.

Der Same **der apetalen Dicotyledonen** bildet, nach der Verschiedenheit seines Gehaltes an Reservestoffen zwei Gruppen. Es ist beachtenswerth, dass die constituirenden Familien im natürlichen Pflanzensysteme beisammen stehen, ohne dass auch nur eine Gattung störend dazwischen tritt.

Die Asarineen, Santalaceen, Eläagneen, Thymeläen, Proteaceen enthalten in Keim und Endosperm nur Klebermehl, oft sehr eigenthümlichen Baues. In den meisten Fällen ist hier der Keim allein Träger der Reservestoffe.

Die (Laurineen, Myristicaceen), Polygoneen, Chenopodeen, Amaranthaceen und Nyctagineen, also die grosse Mehrzahl der Gattungen und Arten, enthalten im Keime Klebermehl, im Endosperm hingegen Stärkemehl und zwar meist von übereinstimmendem Baue. Es sind granulirte Grosskörner (Taf. I, Fig. 77, 78), deren Hüllhaut leicht zerreisst, daher man bei der Untersuchung oft nur eine geringe Zahl derselben zwischen grossen Mengen von sehr kleinen Mehlkörnchen (Kleinkörner) liegen sieht. Nicht völlig ausgetragener Same zeigt die Grosskörner überall, während sie im völlig reifen Samenkorne von Rivina, Kochia, Acnida — Amaranthus, Celosia, Alternanthera etc. meist bis zur Unkenntlichkeit untereinander verschmolzen sind, so dass eine compacte Masse von Kleinkörnchen die ganze Zelle ausfüllt. Bei Spinacia, Chenopodium, Hablitzia sind die Grosskörner spindelförmig. Bei Chenopodium leucospermum finde ich solche mit innerer Theilung, lebhaft erinnernd an das Mittelkorn von Avena sativa. Einfach componirtes Mehl findet sich bei vielen Laurineen, bei Myristica, Desmochaete etc.

Das kleinkörnige Klebermehl des Embryo zeigt meist einen wandständigen Innenraum mit Weisskernen. Wo auch die Samenlappen Stärkemehl enthalten, wie bei den Laurineen und Myristicaceen, da scheidet sich das Klebermehl in besonderen Zellen als Füllkörner oder krystallinische Massen aus.

In der Klasse der **monopetalen Dicotyledonen** habe ich bis jetzt nur zwei Gattungen gefunden, deren Same Stärkemehl enthält: Froehlichia unter den Coffeen und Loranthus (Valdiviensis) unter den Lorantheen. Es sind hier nur wenige Familien, aus denen ich nicht eine oder einige Gattungen untersucht habe; aus den gattungsreicheren Familien der Primulaceen, Scrophularineen, Solaneen, Acanthaceen, Jasmineen, Labiaten, Boragineen, Apocyneen, Ericineen, Campanulaceen, Compositen, Corymbiferen, Rubiaceen, Caprifoliaceen habe ich zwar bei weitem nicht alle, aber doch eine so grosse Zahl von Gattungen jeder Familie der Untersuchung unterworfen, dass ich für sie mit ziemlicher Sicherheit das gänzliche Fehlen des Stärkemehls einstweilen annehmen kann. Reich an ausgezeichneten Formen des Klebermehls sind, aus der Familie der Compositen, besonders die Cynarocephalen und Cichoraceen. Cynara, Cyrsium, Silybum, Arctium, Kentrophyllum, Scorzonera sind darunter besonders beachtenswerth.

Bis hierher bin ich mit meinen Untersuchungen in systematischer Reihefolge vorgeschritten. Aus der Klasse der **polypetalen Dicotyledonen** liegen mir zwar eine Menge von Beobachtungen vor und ich kann mit ziemlicher Sicherheit sagen: dass den artenreichsten Familien derselben das Stärkemehl gänzlich fehlt, so den, in Bezug auf hervorstechende Klebermehlformen ausgezeichneten Umbelliferen, den Ranunculaceen, Rutaceen, Papaveraceen, Cruciferen, Cucurbitaceen, Rosaceen (im weitesten Sinne), Rhamneen, Celastrineen, allein in vielen anderen Familien ist die Zahl der untersuchten Gattungen noch nicht so gross, dass ich daraus einen bestimmten Ueberblick zu gewinnen vermag.

Bei den Pflanzen dieser Klasse mit unterständiger Insertion der Staubgefässe sind es die Büttneriaceen und Sapindaceen, die Acerineen und Aesculaceen, die Caryophylleen, Frankeniaceen, Droseraceen, Cisteen und Bixineen, also meist artenarme Familien, in denen Stärkemehl vorherrscht. Ausgezeichnete, componirte Mehlformen finden sich besonders unter den Caryophylleen.

In der gleichnamigen Klasse mit umständiger Insertion der Staubgefässe fand ich Stärkemehl in einigen Anacardiaceen und Myrtaceen, in mehreren Leguminosen (Viciaceen und Phaseolen) und in Trapa; bei überständiger Insertion der Staubgefässe nur in Pleurandra (Dilleneae).

Es zeigt sich auch hier: dass eine Uebereinstimmung im Vorkommen verschiedenartiger Reservestoffe des Samenkorns innerhalb natürlicher Gruppen des Pflanzenreichs zwar besteht; dass Abweichungen hierin aber ausnahmsweise, als Ausfluss einer Schöpfungslaune auftreten (Castanea und Fagus — Cembra und Strobus — Phaseolus und Lupinus — Froehlichia und Coffea — Artocarpus und Ficus etc.); dass innerhalb der Grenzen einer Gattung grösstentheils Uebereinstimmung der Reservestoffe besteht (als Ausnahme hiervon kann ich Sapindus saponaria und S. Rarack anführen, wenn man nicht auch Pinus Cembra und P. Strobus hierher zählen will), die in der grossen Mehrzahl der Familien in Keim und Albumen als Klebermehl, Oel und Wandungsstoff auftreten. Seltner schon sind die Fälle, in denen das Albumen Stärkemehl, der Keim Klebermehl enthält (Gräser, Chenopodeen, Polygoneen, Amaranthaceen). Am seltensten enthält der Keim selbst Stärkemehl (Quercus, Castanea, Laurus, Myristica, Acer, Aesculus, Vicia, Phaseolus).

Unverkennbar ist das Vorkommen des Klebermehls in den Sämereien der monocotylen Pflanzen ein untergeordnetes, denn auch in den stärkemehlfreien Sämereien dieser Pflanzengruppe besteht die grösste Masse der Reservestoffe aus Zellwandung oder Oel. In den blumenblattlosen Dicotyledonen wird das Klebermehl bereits vorherrschend, doch findet es sich hier noch häufiger, über ganze Familien verbreitet, dem Stärkemehl untergeordnet, während letzteres in den blumenblättrigen Dicotyledonen nur sporadisch auftritt, mit Ausschluss der Caryophylleen und der Sapindaceen.

d) Entstehung und Vermehrung.

§. 100. Wie Cellulose, Chlorophyll, Stärkemehl und Inulin, so bildet sich auch das Klebermehl unmittelbar oder mittelbar aus den Kernstoffkörpern des Zellkerns. Es ist mir nichts zu Gesicht gekommen was die Vermuthung rechtfertigen könnte: es fände hier ein anderer Vorgang statt, als der, in Bezug auf das Stärkemehl bereits ausführlich erörterte. Ohne Zweifel ist aber der Fall, in welchem die Umbildung der Kernstoffkörperchen

des Zellkerns in Kleberkörnchen schon innerhalb des Zellkerns vor sich geht, seltner als die unmittelbare Umwandlung der Kernstoffkörper in Stärkemehl; ich habe jedoch einen solchen Fall bei Ricinus bestimmt beobachtet, und glaube, dass auch Fraxinus und Vitis hierher gehören. Mehreres hierüber in der geschilderten Entwickelungsfolge.

Bei weitem häufiger, und auch viel leichter nachweisbar, entsteht das Kleberkorn aus einer Umwandlung des Inhalts vorgebildeter Chlorophyll- und Stärkemehlkörper. Ich werde in den zu beschreibenden Entwickelungsfolgen Fälle nachweisen, in denen der ganze Verlauf der stofflichen Umbildung aufs klarste zu verfolgen ist, und weise hier vorläufig nur auf Taf. IV, Fig. 22 a—f aus dem Samen von Lupinus albus. In a haben sich mehrere Kernstoffkörperchen vom Zellkerne abgelöst und die grüne Farbe des Chlorophyll angenommen; b zeigt die weitere Ausbildung eines dieser Kernstoffkörperchen zu einem Brutbeutel, dessen gemeinschaftliche Hüllhaut eine Mehrzahl componirter Chlorophyllkörner einschliesst, deren fünf daneben gezeichnet sind. In c sieht man, im Mittelpunkte eines jeden Theilkörnchens der componirten Chlorophyllkörnchen, ein Stärkekörnchen entstehen, das, allmählig an Grösse zunehmend, endlich die grüne Substanz gänzlich verdrängt, ähnlich Taf. III, Fig. 9 a—f, so die componirten, in die gemeinschaftliche Brutbeutelhaut eingeschlossenen Stärkekörnchen Fig. 22 d bildend. Diese componirten Stärkekörnchen wandeln sich nun in Kleberkörnchen um, erkennbar dadurch, dass erst ein schmaler, dann ein breiterer Rand um jedes Theilkörnchen von Jod nicht mehr blau sondern gelb gefärbt wird (Fig. 22 e, Fig. 5 o). Endlich verschwindet auch der, durch Jod sich blau färbende Kern, die Umbildung in Klebermehl ist vollendet (Fig. 22 f).

Es zeigt daher das Kleberkorn auch im Umbildungsverlaufe ein, dem Stärkekorne entgegengesetztes Verhalten. Während das Stärkekorn im Centrum des Chlorophyllkorns auftritt und nach dem Rande des letzteren hin sich vergrössert bis die ganze Masse umgewandelt ist, beginnt die Umbildung des Stärkemehls in Klebermehl am Rande des Stärkekorns und schreitet nach dem Mittelpunkte hin vor.

Die Fälle, in denen, auch selbst im reifen Samenkorne, einzelne Kleberkörnchen im Zustande des Stärkemehls zurückbleiben, sind gar nicht selten. Untersucht man eine Mehrzahl von Samen der Buche oder Haselnuss, so findet man bald einzelne, in denen noch mehr oder weniger Stärkemehl zurückgeblieben ist, während die meisten nur Klebermehl enthalten. Sehr instructiv ist in dieser Hinsicht Koelreuteria. In jeder Zelle der Samenlappen sind dem vorherrschenden Klebermehle eine Menge vereinzelter Stärkekörnchen eingesprengt, die man durch wässerige Jodlösung sofort zur Ansicht erhält. In Oel betrachtet zeigt hingegen jedes Korn dieselbe vielgrubige Aussenfläche des Klebermehls und man überzeugt sich leicht, dass die, an sich glatten Stärkekörner von einer Klebermehlhülle eingeschlossen sind. Vielleicht ist auch hier der mir vorliegende Same kein vollständig ausgetragener, frühreifer.

Ob noch im Zustande als Kleberkorn eine Vermehrung durch Selbsttheilung stattfindet, wie dies beim Chlorophyll und Stärkekorne unzweifelhaft der Fall ist, lässt sich schwer entscheiden; ich zweifle daran, wenigstens in Bezug auf die Fälle, in denen das Kleberkorn einer Umbildung von Stärkekörnern sein Entstehen verdankt. Wohl aber werden, gegen die Zeit der Reife hin, die bis daher von der gemeinschaftlichen Brutbeutelhaut noch zusammengehaltenen Theilkörnchen (Taf. IV, Fig. 11), wahrscheinlich durch Resorbtion jener Haut, frei und vereinzelt.

e) Auflösung des Klebermehls im Keimungsprocesse.

α) Auflösung zu Aleuron-Tropfen.

§. 101. Wir haben gesehen: dass das Stärkemehl im Keimungsprocesse verschwinde, ohne dass es möglich ist mikroskopisch nachzuweisen, was aus seinen Bestandtheilen wird. Die Umbildung derselben in Stärkegummi (Dextrin) und in Zucker, die Mitwirkung eines „Diastase" genannten „Proteinferments" bei dieser Umbildung, beruht nicht auf directer Beobachtung, sondern ist eine Folgerung aus der Verschiedenheit der Bestandtheile des Samenkorns vor und während der Keimung, wie aus der Möglichkeit: Stärkemehl künstlich in Dextrin und Zucker zu verwandeln mit Hülfe jenes Ferments.

Günstiger verhält sich in jener Hinsicht das Klebermehl, schon aus dem Grunde, weil es Samenarten giebt, die nur Klebermehl und Oel enthalten, während ich keinen Samen kenne, in welchem das Stärkemehl nicht auch von Klebermehl und Oel begleitet ist. Durch die grössere Einfachheit des Stoffgehaltes sind erstere

vorzugsweise geeignet, Aufschlüsse über den Stoffwechsel im Verlauf der Keimung zu geben. Die grössere Menge von Klebermehl in den, nur dieses enthaltenden Sämereien, lässt dann auch die Veränderungen leichter erkennen, die es im Keimen erleidet, und endlich verschwindet das Klebermehl nicht so plötzlich der Beobachtung, als dies mit dem Stärkemehle der Fall ist. Auch nach seiner Verflüssigung lässt es sich in grösseren und kleineren, zusammengeflossenen Tropfen noch nachweisen, durch dieselbe Reaction von Jod und Quecksilber, die das ungelöste Kleberkorn unterscheidet.

Die im Keimungsprocesse zunächst eintretende Verflüssigung des Klebermehls zu Aleurontropfen, welche im Zellsafte wie Oeltropfen schwimmen, durch Jodlösung braungelb bis goldgelb, durch salpetersaures Quecksilber ziegelroth gefärbt werden, geschieht unter gleichzeitiger Wiederherstellung eines Ptychoderaumes, entweder in diesem selbst (Taf. IV, Fig. 25, 26, woselbst die gelb gefärbten Körper Aleurontropfen sind — Samenlappen des Kürbis), oder das gelöste Aleuron wird in den Innenraum des wiederhergestellten Ptychodeschlauches ausgeschieden und bildet dort einen einzigen grossen Tropfen (Fig. 1 e Ricinus, Fig. 4 i, k Corylus; Fig. 5 l Lupinus), um den sich der Ptychodeschlauch, oft auch die zweite Zellwandung als Hülle zusammenzieht (Vitis Fig. 3 f, g, h). Selten füllt das gelöste Klebermehl den ganzen Innenraum in einer dünnflüssigen Masse (Fig. 2 a—d Fraxinus).

Bei den meisten derjenigen Pflanzen, die ihren Embryo innerhalb eines klebermehlreichen Endosperm entwickeln, bei Vitis, Ricinus, Ligustrum, Fumaria etc. werden sämmtliche Kleberkörnchen zu Klebertropfen verflüssigt, die Einschlüsse derselben, wo solche vorkommen, mit Ausschluss der Weisskerne bleiben ungelöst und finden sich noch im völlig ausgesogenen Endosperm unverändert. Diese allgemeine Verflüssigung der Kleberkörnchen ist aber, selbst bei endospermischen Sämereien, keineswegs allgemein. Bei den Nadelhölzern z. B. bleibt ein Theil der Kleberkörner ungelöst und verwandelt sich innerhalb seiner Hüllhaut in Stärkemehl, das man, einen oder einige Tage vor dem Abwerfen des Käppchens, stets in grösserer oder geringerer Menge im Zellgewebe des Endosperm auffinden wird, auch da, wo im reifen, ungekeimten Korne nicht eine Spur davon vorhanden ist. Einen in dieser Hinsicht sehr interessanten Fall beobachtete ich an einem Samenkorne von Taxus baccata, dessen hervorgewachsenes Würzelchen, durch irgend eine Verletzung, bis dicht vor den, noch im Samenkorne steckenden, völlig gesunden Nadelbüschel abgestorben und verfault war. In diesem Zustande hatte das Samenkorn 2—3 Wochen länger im Boden gelegen als der gesunde Same, ohne sich weiter auszubilden. Das Endosperm strotzte noch von körnigen Stoffen, **aber alle Kleberkörnchen waren vollständig in Stärkekörnchen umgewandelt.**

Auch bei klebermehlhaltigen Sämereien, deren Samenlappen in der Erde zurückbleiben, verwandelt sich ein Theil der Kleberkörnchen, vor deren endlicher Auflösung und Verwendung auf Ernährung des Keims, in Stärkemehl-Brutbeutel. So bei Corylus (Fig. 4 h), bei Tropaeolum (Fig. 6 k—m).

Wie die, als Belag weiterhin mitgetheilten Entwickelungsfolgen einiger, in dieser Hinsicht instructiver Sämereien näher darthun werden, ist die rückschreitende Metamorphose eines Theils der Kleberkörnchen zu Stärkemehl, endlich zu Chlorophyll, ein ganz allgemeiner Vorgang im Innern der Zellen aller, im Lichte grün werdender Theile des Embryo selbst. So in den Samenlappen von Fraxinus (Fig. 2 a—d), von Lupinus (Fig. 5 m—n), von Cucurbita (Fig. 25, 26), woselbst die Stufe der Stärkemehlbildung übersprungen erscheint, der bei Tropaeolum (Fig. 6 l—n) die Chlorophyllbildung (o, p) nur in den Randzellen und nur dann folgt, wenn der keimende Same dicht unter der Oberfläche des Bodens liegt.

Wie bei Lupinus (Fig. 5) und bei Tropaeolum (Fig. 6) während des Reifens aus den Kernstoffkörpern des Zellkerns das Chlorophyllkorn, wie aus diesem das Stärkekorn und aus letzterem erst das Kleberkorn durch Stoffwandlung entstand, so entsteht rückwärts im Keimungsprocesse aus dem Kleber wieder Stärke, aus der Stärke wieder Chlorophyll, unter fortdauernder Abgabe eines verflüssigten Theils dieser Stoffe an den wachsenden Embryo.

Die aus dem gelösten Klebermehl zusammentretenden Aleurontropfen verschwinden nach und nach. Wie beim Stärkemehl, so ist dies auch hier keine plötzliche Umwandlung des ganzen Gehalts der Zelle an diesen Stoffen, sondern eine langsam fortschreitende Verringerung, sowohl der Zahl als der Grösse der Tropfen.

β) Umwandlung des gelösten Aleuron in Gleis.

An die Stelle der verschwindenden, durch Jod und Quecksilber noch gefärbten Tropfen, tritt nun eine farblose Lösung, auf welche Jod und Quecksilber nicht mehr reagiren, aus der sich aber ein fester, ungefärbter

Körper krystallinisch abscheidet, entweder durch Behandlung des keimenden Samens mit wasserfreiem Alkohol, oder durch Verdunstung der wässrigen Zellflüssigkeit aus Scheibenschnitten unter einer flachen Oelschicht.

Dieselben Krystalle erhält man aus demselben Samen vor der Reife, bis zu dem Zeitpunkte hin in welchem die Oelbildung beginnt. Im keimenden Samenkorne fällt ihr Wiederauftreten mit dem Verschwinden des Oels zusammen.

Bringt man Scheibenschnitte eines reifenden oder eines keimenden, aleuronreichen Samenkorns, zur Zeit wenn das Oel noch nicht gebildet oder wenn es im Keimungsprocesse wieder verschwunden ist, auf die Objectplatte des Mikroskops unter Deckglas, giebt man hierauf absoluten Alkohol zum Objecte, so sieht man, nach ein oder einigen Minuten Krystalle anschiessen, theils in und auf den Scheibenschnitten, theils neben diesen an den Flächen der beiden Gläser, theils am Verdunstungsrande der letzteren.* Dieselben Krystalle erhält man nach einigen Tagen, wenn man flache Scheibenschnitte auf der Objectplatte mit einer ganz flachen Oelschicht bedeckt, in Folge des langsamen Verdunstens der wässrigen Zellsäfte durch die Oelschicht hindurch. Man muss daher annehmen: dass hierbei keine Art von chemischer Veränderung stattfinde, dass der krystallisirende Stoff zu dieser Zeit im Pflanzensafte fertig gebildet sei. Ausgepresster Saft liefert die Krystalle jedoch nicht durch Verdunstung, auch dann nicht, wenn diese unter Deckglas langsam von statten geht, sehr wahrscheinlich in Folge einer Mengung des ausgepressten Zellsafts mit dem Ptychodesafte der Zellen. Es muss in diesem Falle das, dem Safte beigemengte Eiweiss durch Aufkochen erst ausgeschieden werden, worauf man durch Abdampfen dieselben Krystalle erhält wie in der unverletzten Zelle durch Alkohol oder Verdunstung unter Oel.

Nicht allein aus keimendem Samen, sondern auch aus dem Zellgewebe der jungen Keimpflanze erhält man reichliche Mengen jener Krystalle. Man erhält sie auch aus den jungen Frühjahrstrieben aller, bis jetzt von mir hierauf geprüften Holzpflanzen, Stauden, Kräuter und Gräser, so wie aus vielen Wurzeln, Knollen, Zwiebeln während der Dauer des Keimungsprocesses in denselben. Es kann dies nicht auffallen seit ich gezeigt habe: dass in der mehrjährigen Pflanze der Keimungsprocess des Samenkorns sich alljährlich im Frühjahre erneuert. Dieses, wie es scheint allgemeine Vorkommen jenes krystallinischen Stoffes in jedem jugendlichen Zellgewebe deutet darauf hin, dass seine Lösung die Form sei, in welcher die stickstoffhaltige, aus Reservestoffen gebildete Pflanzennahrung von Zelle zu Zelle sich fortbewegt.

Die Behandlung von Scheibenschnitten keimender Samenlappen, in der Entwickelung stehender Triebe und Wurzeln, unter Deckglas vermittelst absolutem Alkohol, giebt ein treffliches Mittel, die Entstehung und Fortbildung der Krystalle zu verfolgen. Taf. IV, Fig. 18 a—zz habe ich die vorkommenden, wesentlichsten Verschiedenheiten derselben abgebildet.

Von einem der Beobachtungsgrenze nahe stehenden Punkte aus, sieht man zuerst eine dreiseitige Platte entstehen (a). Diese Platte erwächst zur dreiseitigen Pyramide durch überwiegende Vergrösserung der sich berührenden Flächen zweier ihrer Seitenkanten. Es entsteht dadurch die dreiseitige Pyramide mit excentrischer, einem der Winkel ihrer Grundfläche nahe stehenden Axe. Man versinnlicht sich dies am besten, wenn man ein quadratisches Stück Papier zu zwei Dreiecken zusammenlegt; die beiden vereinten und congruenten Dreiecke stellen dann die dreiseitige Platte a dar. Entfernt man die freien Winkel der Doppelplatte um einige Grade voneinander, und denkt man sich die dadurch entstehenden beiden Seitenflächen der Pyramide geschlossen (b), so erhält man dadurch die dreiseitige Pyramide mit excentrischer Axe, oder den Doppelkeil mit rechtwinklig sich schneidender Richtung der beiden Keilschärfen. Die beiden primitiven Plattenflächen, in ihrer Fläche ebenfalls sich vergrössernd, erhalten nun durch gesteigerte Apposition unter ihrer Spitze eine regelmässige Dachform; zuerst nur die dem Axenwinkel anliegenden (d), dann auch die, diesem gegenüberliegenden Kanten (e); es entsteht auf diesem Wege die vierseitige Säule, mit beiderseits dachförmiger Zuschärfung in rechtwinklig sich schneidender Richtung der Firste an den beiden entgegengesetzten Enden der Säule, also ein Achtflächner, der von vier, die Dächer bildenden Parallelogrammen und von vier, die Seiten der vierseitigen Säule bildenden Fünfeken eingeschlossen ist.

Diese Krystallform ist bei weitem die vorherrschende an den, durch Alkohol oder durch Kochen des Safts aus reifenden oder keimenden Sämereien hergestellten Krystallen (Amygdalus, Aesculus, Secale etc.). Eine Modification, die aber dasselbe Endresultat hat, besteht darin, dass der Krystall von Anfang an nicht gradseitig dreieckig, sondern abgerundet-schuppenförmig auftritt (f), auch diese Schuppenform so lange beibehält (g) bis

die gradflächige Dachbildung (h) beginnt (keimender Same von Prunus insititia). Es ist bemerkenswerth, dass in solchen Fällen nicht einzelne, sondern alle Krystalle diese Abweichung zu erkennen geben.

Abweichungen von dieser Bildung sind jedoch nicht selten. Bei Tropaeolum, Raphanus, Cucurbita ist es die dreiseitige Pyramide mit centraler Axe (Fig. 18 r, s), häufig begleitet vom Cubus und vom Octaeder (t, u), in welcher die Krystalle auftreten. Bei Vitis ist es die vierseitige Säule mit beiderseits dachförmiger Zuschärfung, deren Firste aber in der Diagonale der Endflächen liegt und zwar so: dass auf den beiden entgegengesetzten Endflächen der vierseitigen Säule die Firsten in rechtwinklig sich schneidender Richtung liegen (Fig. 18 zz). Begleitet sind diese Krystalle nicht selten mit sargdeckelähnlichen Zuschärfungen eines parallelopipeden Körpers (z); Cerasus liefert häufiger schöne Zwillingsoctaeder (y), bei Lupinus wird der Doppelkeil (i) durch Abstumpfung seiner Hebungskante (k) häufig zur vierseitigen Pyramide (l), oder der Doppelkeil gewinnt von seinem Centrum aus eine selbstständige Fortbildung dreier gesonderten Theile zu m.

Weit häufiger als im Samen kommen Abweichungen der Krystallform in jungen Trieben und Wurzeln mehrjähriger Pflanzen vor. Hier ist der Cubus vorherrschend, so z. B. bei Ribes, Lonicera, Betula, Paeonia, Typha, während bei Prunus das Rhomboeder, bei Commelyna die sechsseitige Pyramide, bei Quercus mitunter das langgezogene Octaeder (x) auftritt. Doch geben die treibenden Knospen vieler Pflanzen genau die oben beschriebenen, Taf. IV, Fig. 18 e abgebildeten Krystalle, so z. B. die jungen Triebe von Humulus, Cornus, Epilobium, Quercus.

Hat man durch Alkohol, oder durch Verdunstung unter flacher Oelschicht oder durch Aufkochen, Filtriren und Abdampfen des Saftes die Krystalle einmal erzeugt, so kann man sie wiederholt in Wasser lösen und aus der Lösung durch Abdampfen wiederherstellen. Es treten dieselben dann aber nicht mehr in der ursprünglichen, sondern in veränderter, unter n—q, v, w dargestellter Form auf, wahrscheinlich in Folge, durch das hinzugetretene Wasser veränderter Constitution. Dem ist es auch wohl zuzuschreiben, wenn man unter den, durch Alkohol hergestellten Formen a—e, stets eine grössere oder geringere Menge der rhomboedrischen Formen n—q erhält, da beim Zerschneiden der Sämereien ein Theil des gelösten, krystallisationsfähigen Stoffes sich mit dem wässrigen Zellsafte mischen muss. Stellt man die Krystalle in grösseren Mengen dar, so ändert sich deren Form grösstentheils in die der stark verschobenen, vierseitigen Säule mit gerade abgeschnittenen, rhomboedrischen Endflächen (Keimpflanzen von Lupinus, Pinus, Fagus etc.). Man findet darunter jedoch stets auch noch die normale, Taf. IV, Fig. 18 e dargestellte Form.

Die Krystalle sind farblos, ohne bestimmten Geschmack oder Geruch, luftbeständig, löslich in Wasser, in Säuren und Alkalien, in salpetersaurem Quecksilberoxyd, in den verschiedensten Salzlösungen und in Glycerin; unlöslich in wasserfreiem Alkohol, in Aether wie in fetten und flüchtigen Oelen. Weder Baryt- oder Bleisalze, noch Galläpfel-Infusion liefern einen Niederschlag aus der wässrigen Lösung, es reducirt dieselbe nicht das weinsaure Kupferoxydkali, dem basisch salpetersauren Wismuthoxyd ertheilt es in kohlensaurem Natron eine schwach gelbliche Färbung. Mit Kalilauge erwärmt entwickelt die Lösung reichlich Ammoniak, der Körper gehört also, wie das Asparagin ($C^8 H^8 N^2 O^6$), in die Gruppe der organischen Ammoniaksalze (Amide) und mag sich zum Asparagin verhalten wie der Zucker zu irgend einer der verschiedenen Zuckerarten. Dass er mit dem Asparagin nicht unbedingt zusammenfällt, beweist nicht allein die Verschiedenheit der Krystallformen, sondern auch seine Sublimirbarkeit und seine in vielen Fällen stark saure Reaction. In einem Glasröhrchen langsam erwärmt verlieren die Krystalle unter Knistern zuerst ihr Krystallwasser, blähen sich bei stärkerer Erhitzung auf, bräunen sich und entwickeln alsdann Dämpfe, die sich an den Wänden des Glases in Tropfen niederschlagen, aus denen sofort, oder erst nach mehreren Stunden Krystalle (ob stofflich verändert?) wieder ausscheiden. Sie zeigen hierin ein dem Mannit ähnliches Verhalten. Aus jungen Keimpflanzen in gleicher Weise dargestellt (Auspressen des Safts, Aufkochen zur Abscheidung des Eiweisses, Eindampfen), reagirten die Krystalle von Pinus sylvestris stark sauer, weniger die aus Lupinus luteus, noch weniger die aus Fagus, gar nicht die Krystalle aus den Wurzeln von Althaea und Asparagus.

Dass dieser Stoff, den ich mit dem Sammelnamen Gleis (von gleisen, glänzen) bezeichnet habe, mit dem Klebermehle und dessen natürlicher Lösung in sehr naher, physiologischer Beziehung stehe, beweist sein Verschwinden, gleichzeitig mit der Reife des Kleberkorns und mit eintretender Oelbildung, beweist sein Wiederauftreten mit dem Verschwinden der Klebermehllösung und des Oeles im Keimungsprocesse. Der Zucker des Samenkorns verhält sich ganz in gleicher Weise; auch er verschwindet, wenigstens grösstentheils, beim Reifen

stärkemehlhaltiger Sämereien (z. B. der Zuckergehalt der jungen Erbsen, Bohnen), und stellt sich beim Keimen wieder her (Malzen des Getreides). Der Gleiskrystall ist daher gewissermassen der Zucker des Klebermehls. Zwischen Klebermehl, Oel, Gleis (als eine Art desselben das Asparagin), zwischen Amygdalin *), Myrosin — Salicin, Populin, Aesculin — Mannit, besteht ein, den Reifungs- und Keimungsprocess berührender, physiologischer Zusammenhang, dessen genaueste Erforschung von Seiten des Chemikers, auf dem Wege, welchen Wicke bereits mit Erfolg eingeschlagen hat, von der grössten Wichtigkeit ist.

Mit dem Namen Gleis bezeichne ich daher eine Gruppe stickstoffreicher, krystallisationsfähiger Pflanzenstoffe, die, im Bildungssafte der Pflanzen gelöst, vorzugsweise zur Ernährung des Klebermehlkorns dienen, daher mit der Reife desselben verschwinden, dabei sehr wahrscheinlich zur Bildung des fetten Oeles mitwirkend; die im Keimungsprocesse wiederhergestellt werden, wahrscheinlich unter eintretender Wiedervereinigung mit dem, beim Reifen abgeschiedenen Oele. Dass die Gleislösung auf ihrem Rückschritt zu amorphem Bildungssafte noch weiteren Umbildungen unterworfen sei, darauf deutet das Vorkommen gelöster Proteinkörper, wie Eiweiss und Käsestoff im natürlichen Pflanzensafte hin. Welches diese Umbildungen seien, wissen wir nicht.

2. Entwickelungsfolgen.

§. 102. Es gehören hierher vorzugsweise diejenigen Sämereien, bei welchen die grösste Masse der Reserve-Bildungsstoffe sich in einem, den Embryo schlauchförmig einschliessenden Endosperm ablagert, das während des Keimens die ersten Blattausscheidungen mützenförmig bedeckt und allmählig ausgesogen, endlich als sogenanntes Käppchen abgeworfen wird, ohne mit dem Embryo in organischer Verbindung zu stehen. Hier habe ich, bei Ricinus, die Umbildung der Kernstoffkörper in Kleberkörner noch innerhalb der Hüllhaut des Zellkerns aufs Bestimmteste beobachtet. Auch Vitis und überhaupt die Ampelideen ziehe ich noch mit Sicherheit hierher, denn, wenn der Zellkern im Endosperm derselben vorhergehend auch eine oder einige Chlorophyll-Generationen aussendet, so sind es doch nicht diese, die zu Klebermehl sich verwandeln, sondern es sind nachfolgende Generationen von Kernstoffkörpern, die, wie bei Ricinus, als Kleberkörnchen vom Zellkerne scheiden. Bei Fraxinus habe ich vorangehende Chlorophyll-Generationen nicht beobachtet, wohl aber finde ich in den jüngsten Endospermzellen, an Stelle des Zellkerns, Ballen einer, einem dickflüssigen Oeltropfen ähnlichen, weder von Jod noch von Karmin gefärbten, durch Quecksilber nur schwach und vorübergehend goldgelben Substanz, die mir den Weisskernen ähnlich erscheint, deren aussergewöhnliches Verhalten jeden Falles weitere Beachtung fordert.

Die Nadelhölzer sowohl wie die Linden gehören dagegen entschieden nicht hierher, sondern in die nachfolgende Gruppe unter diejenigen Pflanzen, bei welchen die Kernstoffkörper sich unmittelbar zu componirtem Stärkemehl ausbilden, aus dessen Umwandlung dann erst das Klebermehl entsteht.

In den Samenlappen der hierher gehörenden Pflanzen geht der Kleberbildung allgemein Chlorophyllbildung vorher.

*) Die Annahme: dass das Amygdalin ($C^{40} H^{27} NO^{22}$) im Samenkorne der Drupaceen fertig gebildet als isolirter Körper vorkomme, finde ich durch Nichts bestätigt. Der Same von Amygdalus, Prunus, Cerasus, Padus, Laurocerasus, das Samenkorn der süssen und der bitteren Mandel unterscheiden sich nicht im Stoffgehalte und enthalten in ihren Zellen nur Klebermehl und fettes Oel. Aus dem reifenden und dem keimenden Samenkorne erhält man die normalen, Taf. IV, Fig. 18 e dargestellten Gleiskrystalle durch Behandlung mit Alkohol oder unter flacher Oelschicht, aber kein Amygdalin. Wäscht man Klebermehl aus reifen, bitteren Mandeln mit Aether aus, so erhält man zwischen den unveränderten Kleberkörnchen eine nicht unbeträchtliche Menge bis $^1/_{100}'''$ langer, stabförmiger, in Alkohol löslicher Krystalle, die von denen des Amygdalin optisch wenig verschieden sind. Aus mikroskopisch reinem, durch Aether von allem fetten Oele befreiten Klebermehle der Bittermandel extrahirt absoluter Alkohol das Amygdalin in grösseren Mengen, das aus dem, unter Deckglas verdunstenden Alkohol, am Rande des Deckglases in oblongen Tafeln krystallinisch sich ausscheidet. Selbst solches Klebermehl, das nur durch Pressen zwischen Fliesspapier von der grössten Menge des anhängenden Oels befreit wurde, liefert durch Verdunstung des Alkoholextracts unter Deckglas Amygdalinkrystalle. Eine Veränderung in Grösse, Form oder Bestandtheilen des, durch Alkohol des Amygdalin beraubten Klebermehls vermag ich nicht zu erkennen. Demohnerachtet habe ich mich vollständig überzeugt, dass das Amygdalin Bestandtheil der festen Substanz des Klebermehls sei und dieser durch Aether oder durch Alkohol entzogen werde. Das Amygdalin ist in Aether unlöslich. Dennoch entzieht Aether dem vollkommen trocknen und festen Klebermehle diesen Stoff und lässt ihn nach der Abscheidung, selbst ohne eintretende Verdunstung aus sich heraus krystallisiren. Daraus muss man schliessen: dass auch im Kleberkorne das Amygdalin nicht als solches vorgebildet, sondern in einer Verbindung vorhanden sei, die von Aether extrahirt und dann erst zerlegt werde. Auch der Alkoholextract aus süssen Mandeln, unter Deckglas verdunstet, liefert geringe Mengen, mikroskopisch dem Amygdalin sehr ähnlicher Krystalle. Sollte sich ergeben, dass sie Amygdalin sind, so wäre das eine Bestätigung künstlicher Bildung desselben.

a) Ricinus communis (Taf. IV, Fig. 1).

Taf. I, Fig. 71—74 stellt die Entwickelung des Samenkorns dieser Pflanze dar, und ich habe bereits §. 51 gezeigt: wie im Embryosacke der Kernwarze aus den, im Ptychoderaume des letzteren lagernden Zellkernen die ersten Endospermzellen entstehen, wie diese, von allen Theilen des Ptychoderaumes aus, in radialer Richtung nach der Axe des Keimsäckchens hin sich vermehren, bis der Innenraum desselben durch das, in Fig. 74 durch rothe Färbung kenntlich gemachte Endosperm gänzlich verdrängt ist.

Die Entwickelung und Wiederauflösung des Klebermehls im Zellgewebe des Endosperm ist es, welche die Zellen Taf. IV, Fig. 1 a—f darstellen. Sie beginnt hier aussergewöhnlich früh, zur Zeit wenn der Same zwar schon $^2/_3$ seiner endlichen Grösse erreicht, das Endosperm aber erst 3—4 Zellen im Radius entwickelt hat. Wir haben hier einen der seltneren Fälle, in denen sich mit Bestimmtheit nachweisen lässt: dass auch das Kleberkorn sich schon im Innern des, in Grösse und Form noch wenig veränderten Zellkerns bilden könne.

In den jüngsten Endospermzellen ist Form und Bildung des Zellkerns die gewöhnliche. Es lagert derselbe in einem, mit getrübtem Ptychodesafte erfüllten Ptychoderaume, und ist entweder ein centraler (Taf. III, Fig. 12 a) oder ein wandständiger (Taf. III, Fig. 13 a). Aber schon in den, um drei bis vier Abschnürungen älteren Zellen der Endosperm-Radien sieht man eine Körnelung der Kernstoffmasse des Zellkerns deutlicher hervortreten, begleitet von einer Erweiterung der Hüllhaut, der zu Folge die Kernstoffkörper auseinander treten und mit Hülfe der Karminlösung einen, aus dem Kernkörperchen regenerirten, jungen Zellkern zwischen sich erkennen lassen. Dies ist der Zustand, den Taf. IV, Fig. I a darstellt. Das Verhalten der, noch in der Hüllhaut des Zellkerns eingeschlossenen Körnchen ist in jeder Hinsicht das des Klebermehls; wenigstens kann man mit voller Gewissheit sagen: dass ein Chlorophyll- oder Stärkemehlzustand der Mikrophysalide, der Kleberbildung nicht vorhergeht.

Fig. I b giebt die Ansicht einer folgenden Entwickelungsstufe, in welcher der, aus dem Kernkörperchen regenerirte Zellkern beinahe ausgewachsen ist und ein neues Kernkörperchen erkennen lässt. Die Hüllhaut des ursprünglichen Zellkerns ist verschwunden und die, durch Resorbtion dieser Hüllhaut frei gewordenen, zu Kleberkörnchen umgebildeten Kernstoffkörper haben sich, durch die Intracellularkanäle, in den äusseren Ptychoderaum vertheilt. Fig. I c ist eine folgende Entwickelungsstufe solcher Zellen, in denen der Zellkern von Anfang an eine wandständige Stellung eingenommen hat. Dieselbe fortgeschrittene Ausbildung der Kleberkörnchen findet sich auch in solchen Zellen, deren Ptychoderaum gegen Fig. b unverändert geblieben ist. Man erkennt jetzt schon aufs Bestimmteste das Kleberkorn an dem wandständigen, kugeligen Innenraume. Obgleich kaum vom dritten Theile des Durchmessers endlicher Grösse, zeigt das junge Korn dennoch nicht allein dasselbe Verhalten zu chemischen Reagentien wie das ausgewachsene Korn, sondern es ist auch eben so spröde wie dieses. In der Form findet gegen den ausgebildeten Zustand ein Unterschied darin statt, dass die Krystallflächen viel schärfer und allgemeiner am unveränderten Korne hervortreten als später. Man kann daher nicht sagen, dass die krystallinische Form des Aleuronkerns im eiförmigen, reifen Kleberkorne (Taf. IV, Fig. 27) Folge einer mit der Reife eintretenden Erstarrung der Masse sei.

Fig. I d zeigt die Lagerung der ausgebildeten Kleberkörnchen in der Endospermzelle des reifen Samenkorns. Die Uebereinstimmung der Kleberkörnchen in Grösse, Form und Bildung ist eine ungewöhnliche. Die Anatomie des einzelnen Kleberkorns habe ich in den Figuren Taf. IV, Fig. 23 gegeben und §. 95, 96 erörtert.

Im Zustande der Reife sind die Kleberkörnchen jeder Zelle von der Ptychoide des Ptychodeschlauchs umschlossen und durch diese von der sehr dünnen, cambialen Zellwandung getrennt, aber weder von der inneren Schlauchhaut noch vom Zellkerne, die beide noch in c deutlich erkennbar sind, ist eine Spur aufzufinden. Das Verschwinden des Zellkerns lässt sich wohl erklären wenn man annimmt: dass seine Kernstoffkörper zu einer letzten Generation von Kleberkörnchen sich ausbilden, ohne dass eine Regeneration derselben aus dem Kernkörperchen stattfindet; dass letzteres, während der ganzen Dauer der Samenruhe, durch seine geringe Grösse der Beobachtung sich entziehend, im reifen Samenkorne gewissermassen überwintert, und erst im Keimungsprocesse zum neuen Zellkerne sich wieder ausbildet (e). Wo bleibt aber die innere Schlauchhaut, deren Vorhandensein bis kurz vor völliger Reife nachweisbar ist, durch die scharflinige Scheidung der heranwachsenden und sich mehrenden Kleberkörnchen von einem inneren, körnchenfreien Raume (c), von der im reifen Samen keine Spur aufzufinden ist. Der Annahme einer Resorbtion der inneren Schlauchhaut steht ihr Wiederauftreten im Keimungsprocesse entgegen, in dessen ersten Stadien der Ptychodeschlauch ganz in derselben Weise wieder auftritt (e)

wie er vor der Reife bestand (c). Ich wüsste nicht auf welchem Wege eine Neubildung der inneren Schlauchhaut möglich sein sollte, da der, im Keimungsprocesse aus dem Kernkörperchen regenerirte Zellkern, mit den noch nicht völlig aufgelösten Kleberkörnchen in gleichem Ptychoderaume lagert (e); es wäre dies nicht möglich, wenn die Wiedererzeugung durch Monophysalidenbildung des Zellkerns geschähe. Der Annahme ihrer Fortdauer als comprimirte Schlauchhaut auch im reifen Samenkorne steht die directe Beobachtung entgegen. Sie könnte als solche der Forschung schwerlich entgehen, und es bleibt uns daher nur die Annahme übrig, dass sie sich zu einem der Beobachtung entgehenden, kleinen Körnchen durch Säfteverlust contrahire, in den Zustand eines Kernstoffkörperchens zurücktrete, aus dem sie durch Säfteeinsaugung nachgewiesenermassen entstand.

Die Veränderungen welche der Inhalt der Endospermzelle im Keimungsprocesse erleidet sind sehr einfach. Die Kleberkörnchen wie deren Weisskerne lösen sich nach und nach auf und verschmelzen zu grösseren Tropfen, während sich der Ptychodeschlauch und der Zellkern wiederherstellen (e), wobei die gelöste, durch salpetersaures Quecksilber fortdauernd roth sich färbende Klebermasse aus dem Ptychoderaume in den inneren Zellraum übergeht. Ist die Lösung der Kleberkörnchen vollendet, so zieht sich der entleerte, doppelhäutige Ptychodeschlauch um die nun amorphe Klebermasse des Innenraums zusammen und bildet mit dieser einen kugeligen, durch Quecksilber sich roth färbenden Ballen (f), der, mit fortschreitender Keimung und Entleerung des Endosperm durch die Saugkraft der Samenlappen, immer kleiner wird, bis endlich nur die entleerten Schlauchhäute in den Zellen zurückblieben.

b) Cucurbita Pepo (Taf. IV, Fig. 25, 26).

Nicht in allen Fällen lässt sich ein Uebergang des gelösten Aleuron aus dem Ptychoderaume in den Zellraum und die Verschmelzung desselben zu einem kugeligen Ballen nachweisen, wie dies Fig. 1 e und f zeigen, sondern es findet häufig die Verschmelzung der Kleberkörner zu Klebertropfen schon im Ptychoderaume statt, wie dies Taf. IV, Fig. 25 aus den keimenden Samenlappen des Kürbis darstellt. Hier liegen grosse, durch Jod gelb gefärbte Aleurontropfen zwischen noch ungelösten Kleberkörnern, die jedoch bereits zu Brutbeuteln umgewandelt und wesentlich grösser geworden sind. Auch ein neuer Zellkern hat sich wiederum eingestellt. In dem Maasse als die keimenden Samenlappen grösser und im Lichte grün werden, geht aus jenen Brutbeuteln das neue Chlorophyll hervor, verringert sich die Grösse und Zahl der Aleurontropfen (Fig. 26) bis zur Restitution des normalen Schlauchgehaltes der Chlorophyllzelle.

Sehr wahrscheinlich geht auch in solchen Fällen das gelöste Aleuron aus dem Ptychoderaume in den Zellraum über, aber nicht mehr als Aleuron, sondern erst nach seiner Umbildung in gelöstes Gleis.

c) Fraxinus excelsior (Taf. IV, Fig. 2 a—d).

Die Aufspeicherung der Reservestoffe im Endosperm von Fraxinus und deren Wiederauflösung im Keimungsprocesse ist von den Vorgängen, welche ich Fig. 1 a—f aus Ricinus dargestellt habe im Wesentlichen nicht verschieden. Ebenso sind auch die Veränderungen in dem Zellgewebe des Keims während der Keimung nahe dieselben, bei Ricinus aber schwieriger zu verfolgen als bei Fraxinus, in Folge anfänglich geringerer Grösse der betheiligten Organe. Die Veränderungen im Zellgewebe des Keims, welche Taf. IV, Fig. 2 darstellt, sind daher der Keimpflanze von Fraxinus entnommen, können aber auch für Ricinus als erläuternd angenommen werden.

Fig. 2 a knüpft sich an Fig. 1 e, d. h. auch im Zellgewebe der Samenlappen lösen sich die Kleberkörnchen nach und nach auf; auch hier wird die Kleberlösung aus dem Ptychoderaume in den inneren Zellraum übertragen. Die hier eintretenden Abweichungen beziehen sich auf das Verhalten des Zellkerns, der in den Endospermzellen verschwindet, hier aber zum Producenten kleiner, componirter Stärkekörnchen wird, die wir in a noch im Innern des Zellkerns liegend finden. In b hat sich die Hüllhaut des Zellkerns bedeutend erweitert, sie umfasst aber noch die componirten Stärkekörnchen und einen kleinen, aus dem Kernkörperchen heranwachsenden neuen Zellkern. In c ist die Hüllhaut des Zellkerns verschwunden, wahrscheinlich resorbirt, die componirten Stärkekörnchen haben sich im Ptychoderaume vertheilt, der auch den neuen Zellkern einschliesst. In d ist das Stärkemehl verschwunden; an dessen Stelle zeigen sich Chlorophyllkörnchen, die, wie ich auch für andere Fälle nachweisen werde, sehr wahrscheinlich aus unmittelbarer Umbildung der Stärkekörnchen entstanden sind.

In den ersten Stadien der Kleberlösung wird der, in den Innenraum der Zelle übergegangene Theil

desselben sowohl im Endosperm als in den Samenlappen von Jodalkohol coagulirt und braungelb, von salpetersaurem Quecksilber ziegelroth gefärbt. In dem Maasse als die Entwickelung vorschreitet, zuerst Stärkemehl, dann Chlorophyll im Ptychoderaume entsteht, schwindet die Reaction auf Aleuron immer mehr, bis sie endlich gänzlich aufhört, bis das Vorhandensein stickstoffhaltigen Stoffes im Innenraume der Zellen nur noch nachweisbar ist durch absoluten Alkohol oder durch Austrocknen von Scheibenschnitten unter flacher Oelschicht, das ein Anschiessen von Gleiskrystallen zur Folge hat.

d) Vitis vinifera (Taf. IV, Fig. 3).

Bis zu dem, Fig. 3 a dargestellten Zustande zeigt die Endospermzelle einen meist centralen, sehr grossen Zellkern und im Ptychoderaume einen Saft, in welchem körnige oder bläschenförmige Körper wenigstens nicht mit Bestimmtheit nachweisbar sind. Taf. III, Fig. 12 a kann hierfür als Abbildung gelten. Der Zellkern zeigt sich hier häufig zweitheilig, oder zu zwei Tochterkernen abgeschnürt.

In diesem Zustande erhält sich das Endosperm bis gegen Ende August. Zu dieser Zeit färbt sich der Zellkern grün, seine Hüllhaut erweitert sich und lässt eine Umbildung seiner Kernstoffkörper in Chlorophyllkörner erkennen, wie dies Fig. 3 a darstellt.

Fig. 3 b ist die Hüllhaut des Zellkerns verschwunden, das schon in a erkennbare Kernkörperchen hat sich zu einem jungen Zellkerne ausgebildet, die zu Chlorophyllkernen umgebildeten Kernstoffkörper sind in den Ptychoderaum der Zelle vertheilt.

Fig. 3 c hat der neue, inzwischen herangewachsene Zellkern, unter bedeutender Erweiterung seiner Hüllhaut, seine Kernstoffkörper zu Mikrophysaliden, sein Kernkörperchen zu einem neuen Zellkerne mit Kranzkörper entwickelt. Die im Ptychoderaume vertheilten, körnigen Körper sind zwar noch vorhanden, sie haben aber ihre grüne Farbe verloren, werden jetzt auch von Jodlösung nicht mehr gefärbt, und scheinen daher in der Umbildung zu Cellulosekörpern zu stehen.

Ungefähr in der Mitte des September, zur Zeit wenn die Beeren anfangen weich zu werden, zeigen sich die Endospermzellen in der, Fig. 3 d dargestellten Bildung, die ich folgendermaassen deute. Der in c noch vorhandene Ptychodeschlauch mit seinem körnigen Inhalte hat sich zu einer zweiten Zellwandung ausgebildet, und Alles was in d als Zelleninhalt erkennbar ist stammt aus dem, in c noch von der Hüllhaut umschlossenen, erweiterten Zellkerne. Nach dieser Deutung ist es das in c zum jungen Zellkerne entwickelte Kernkörperchen, welches in d einen Monophysalid gebildet hat, in dessen Ptychoderaume die Reste des Zellkerns lagern. Die schon in c erkennbaren Mikrophysalide des noch geschlossenen Zellkerns, haben sich zu grossen Brutbeuteln ausgebildet, die zwischen der, zur Ptychoide erweiterten Hüllhaut des alten Zellkerns in d, und dem Monophysalid aus dem jungen Zellkerne in d gelagert sind. Jeder der, im Umfange des Monophysalid lagernden Brutbeutel enthält in sich eine Mehrzahl kleinerer, halbflüssiger Bläschen.

Fig. 3 e stellt den Zustand vollendeter Reife des Endosperm dar. Wir sehen da in jeder Zelle einen ganz ungewöhnlich grossen Solitair, in dessen Innerem ein, zur vielzackigen Sternform auskrystallisirter Einschluss liegt. In der Umgebung des Solitairs liegen eine Mehrzahl viel kleinerer Kleberkörnchen locker nebeneinander. Sie und der Solitair sind von der Ptychoide eingeschlossen.

Wie ich die Entwickelungsfolge verstehe, ist im reifen Endosperm der Ptychodeschlauch a in den Zellen a b c mit seinem Inhalte an körnigen Körpern zu einer zweiten Zellwandung umgebildet; es ist die Hüllhaut des Zellkerns b in Fig. b und c, welche zur Ptychoide in d und e geworden ist und dort den gesammten Klebermehlgehalt umschliesst; es ist das Kernkörperchen c in Fig. 6, welches, nachdem es in d zu einem jungen Zellkerne geworden ist, in e einen Monophysalid entwickelt, in dessen Innerem sehr wahrscheinlich die Oelbildung vor sich geht, während in dem neuen Ptychoderaume die Kernstoffkörper zu Klebermehl sich umbilden; es ist das Kranzkörperchen e des neuen Zellkerns Fig. c und d, welches in Fig. e dadurch zu dem sternförmigen Einschlusse des Solitairs sich umbildet, dass die Substanz der peripherischen Globen zu spiessigen Krystallen sich formt, während der (oelhaltige?) Innenraum des Monophysalid (in d), durch die, im einschliessenden Ptychoderaume sich mehrende Klebermasse allmählig verengt, seinen Gehalt an ungefärbter Flüssigkeit (Oel?), an den Raum zwischen sich und der Ptychoide (b) abgiebt, woselbst man in der That erst kurz vor völliger Reife die Kleberkörnchen mit Oel gemengt findet.

Der Solitair entsteht daher aus dem jungen Zellkerne c in Fig. c, nachdem er zuvor der Oelbildung

gedient hat. Der sternförmige Körper im Innern des Solitairs ist nichts Anderes als das kranzförmige Kernkörperchen e in Fig. c und d. Wo dasselbe im Innern eines Weisskerns sich bildet, da mag es der centrale Globus des Kranzkörperchens sein der den Stern bildet, während die peripherischen Globen zuvor zum Weisskerne sich umbildeten (§. 98, Fig. 19 a—f).

Das kleinkörnige Klebermehl entsteht aus den Kernstoffkörpern des Zellkerns b in Fig. b und c. Jedes dieser, durch die Monophysalidenbildung in einen Ptychoderaum gedrängten Kleberkörnchen vermehrt sich durch Selbsttheilung innerhalb seiner Hüllhaut, und bildet dadurch die, eine Mehrzahl von Kleberkörnchen umschliessenden Brutbeutel d in Fig. d, die genetisch auf gleiche Stufe zu stellen sind mit dem componirten Stärkemehle (Fig. 4 d und h). Wenn wir im reifen Endosperm die kleinen Kleberkörnchen später isolirt vorfinden, so muss man wohl annehmen, dass dies auf einer Resorbtion der Brutbeutelhäute beruhe.

Die Keimung zeigt auch hier eine einfache Auflösung aller Kleberkörnchen und Verschmelzung derselben zu einem einzigen kugeligen Ballen, der allmählig kleiner wird und endlich gänzlich verschwindet, nur die krystallinischen Einschlüsse des Solitairs ungelöst zurücklassend, die man noch in dem vollkommen ausgesogenen, die grünen Samenlappen des Keimlings als ein zartes Häutchen bedeckenden Endospermzellen unverändert vorfindet (Fig. 3 f—h). So lange noch zur Kugel zusammengesintertes Aleuron in den Endospermzellen vorhanden ist, wird dasselbe von Jodalkohol goldgelb, von salpetersaurem Quecksilber roth gefärbt. Seine nächste Umbildungsstufe ist, wie auch in den vorhergehend bezeichneten Fällen das Gleis, denn nicht allein von der Zeit ab, in welcher der Kleberballen verschwunden ist, sondern schon vorher, in den unter f, g, h dargestellten Entwickelungszuständen scheiden, unter Einwirkung von wasserfreiem Alkohol die, Taf. IV, Fig. 18 z dargestellten Krystalle aus der, den Aleuronballen umgebenden, durch Jod nicht gefärbten Flüssigkeit des Zellraums.

Es tritt hier aber noch eine sehr eigenthümliche Erscheinung hinzu. Behandelt man keimenden Vitis-Samen mit salpetersaurem Quecksilber, so wird nicht der ganze Aleuronballen dadurch ziegelroth gefärbt, sondern es zeigt sich in dessen ganzem Umfange eine mehr oder minder breite, ungefärbte Schichtung, in der man, nach 1—2tägiger Aufbewahrung unter Quecksilberlösung, sehr bestimmt von innen nach aussen verlaufende, Tipfelkanal-ähnliche Durchbrechungen wahrnimmt, wie dies in den Figuren f und g dargestellt ist. Ich vermag dies nicht anders zu deuten, als dass die ungefärbte Hülle in der That die zweite Zellwandung sei, welche sich von der Cambialwandung ablöst, um den Aleuronballen zusammenzieht und mit diesem gleichzeitig allmählig aufgelöst wird.

e) Carpinus Betulus (Taf. IV, Fig. 20 a—e).

Die Vorgänge des Reifens sind mir noch unbekannt; ich kenne nur den reifen Samen und die Keimung, setze aber die Beobachtungen hierher, der Uebereinstimmung wegen welche das Klebermehl und dessen Einschlüsse mit denen von Vitis besitzt, hier in den Samenlappen, dort im Endosperm abgelagert. Die Abbildungen, welche ich Taf. IV, Fig. 3 e—l vom Solitair, Fig. 19 a—w von dessen Einschlüssen gegeben habe, gelten auch für Carpinus. Es findet hier aber die Abweichung statt: dass dieser Holzart ein Solitair fehlt. Alle Kleberkörnchen sind gleich gross und j e d e s d e r s e l b e n zeigt die Bildung und die Einschlüsse, welche in Vitis, Ampelopsis, Cissus nur der Solitair besitzt. Ausserdem sind die peripherischen Globen des Kranzkörperchens nicht wie bei Vitis (Fig. 19 e—g) krystallisirt, sondern gerundet und insofern von Bedeutung, als sie recht bestimmt den Uebergang bilden von den Kranzkörpern bei Vitis zu denen von Corylus, Amygdalus, Viburnum, Phyllirea, Hamamelis etc., die ihrerseits wiederum von den Kranzkörperchen des Zellkerns in der Form nicht zu unterscheiden sind. Taf. IV, Fig. 20 a—e gebe ich die Abbildung derselben; a—d sind starre Formen, in e hat die, als Perforation auftretende Hüllhaut des centralen Globus sich zu einem grösseren Bläschen ausgedehnt, an dessen Seiten die noch unveränderten, peripherischen Globen festsitzen.

Nach den Vorgängen beim Keimen zu urtheilen bildet sich das Klebermehl in einem Ptychoderaume (ähnlich Fig. b e) und comprimirt den inneren Zellraum (ähnlich Fig. b f) bis zum Verschwinden desselben.

Im Keimungsprocesse stellt sich der Ptychodeschlauch wieder her, in der Fig. 1 e, Fig. 2 a—d dargestellten Weise. In Bezug auf den Vorgang dieser Restitution gilt dasselbe, was ich schon bei Ricinus bemerkt habe. Carpinus ist aber insofern von besonderer Wichtigkeit, als sich hier die Aufnahme des gelösten Aleuron in den inneren Zellraum dadurch aufs Bestimmteste zu erkennen giebt, dass die zahlreichen Einschlüsse desselben

noch lange Zeit nachher im Ptychoderaume zurückbleiben, erst verschwindend, wenn der Embryo eine Länge von 3 Zollen erreicht hat.

Ob die, schon beim Grünwerden der Samenlappen eintretende Chlorophyllbildung von dem, wie in Fig. 1 e regenerirten Zellkerne oder ob sie von den Kranzkörpern ausgehe, konnte ich nicht mit Sicherheit ermitteln. Eine Erweiterung des centralen Globus zum Bläschen mit daran haftenden, peripherischen Globen, wie dies Fig. 20 e darstellt, deutet auf letzteres hin.

F. Die Kernstoffkörper des Zellkerns verwandeln sich in Stärkemehl und dieses bildet sich in Klebermehl um.

1. Beschreibung.

§. 103. In den vorhergenannten Fällen ist es stets der Zellkern, welcher unmittelbar Klebermehl bildet, denn, wenn auch bei Vitis der Kleberbildung eine Entwickelung von Chlorophyll vorhergeht (Taf. IV, Fig. 3 a b), so sind es doch nicht diese Chlorophyllkörper, welche sich zu Klebermehl umbilden, sondern es sind die Kernstoffkörper des Zellkerns, die noch vor ihrer Diffusion zu Kleberkörnchen werden (daselbst Fig. c), während die vorgebildeten Chlorophyllkörper verschwinden, vielleicht zu den Celluloseschichten einer zweiten Zellwandung verwendet.

Anders verhält sich dies in den nun folgenden Beobachtungsreihen, diejenigen Pflanzen umfassend, bei welchen der vom Zellkerne ausgehende Mikrophysalid entweder zuerst Stärkemehl und aus diesem erst Klebermehl bildet, oder vor dem Stärkemehle noch Chlorophyll entwickelt, der Mikrophysalid also alle Stufen der Stoffwandlung durchläuft, in fortschreitender Reihefolge zuerst Chlorogen, dann Chlorophyll, darauf Stärkemehl und endlich erst Klebermehl ist. Ich wähle als Repräsentanten der zuerst genannten Entwickelungsfolge den Samen von Corylus. Es lässt sich hier die von aussen nach innen vorschreitende Umbildung der Stärkesubstanz des componirten Stärkekorns (Taf. IV, Fig. 5 o) in Klebersubstanz auf das Bestimmteste verfolgen.

2. Entwickelungsfolgen.

a) Corylus Avellana (Taf. IV, Fig. 4.)

§. 104. Zur Zeit wenn der Embryo des Samenkorns ungefähr $^3/_4'''$ lang ist (Anfang August), sind die Zellen der Samenlappen noch sehr klein, lassen aber deutlich einen meist centralen Zellkern erkennen, in dessen unmittelbarer Umgebung, eingeschlossen vom Zellkernbeutel, kaum $^1/_{1000}'''$ messende Stärkekörnchen lagern, die schon jetzt durch Jod tief schwarzblau gefärbt werden. Taf. IV, Fig. 4 a zeigt diesen Entwickelungszustand, dem sehr wahrscheinlich ein anderer, nicht beobachteter vorhergegangen ist, in welchem die, das Stärkemehl bildenden Physalide als Kernstoffkörperchen noch im Zellkerne eingeschlossen lagen. Ich glaube in einigen Fällen Stärkekörnchen noch innerhalb der Hüllhaut des Zellkerns gesehen zu haben; die Objecte sind aber hier so ausserordentlich klein, dass Täuschung leicht möglich ist. Trotz der geringen Grösse des Zellkerns lässt Karminfärbung dennoch deutlich erkennen, dass der Kernstoff desselben in Portionen getheilt ist, die um das Kernkörperchen lagern, wodurch das Bild desselben ähnlich wird einem, an Intracellularkanälen im Mittelpunkte der Zelle aufgehängten Zellkerne. In der Wirklichkeit haben wir es aber sehr wahrscheinlich mit einer Zellkernbildung zu thun, wie solche Taf. I, Fig. 28—30 in grösserem Maassstabe darstellt.

Fig. 4, b hat sich der Zellkern bedeutend vergrössert. Obgleich er noch in allen Theilen durch Karminlösung roth wird, hat sein Kernkörperchen dennoch bereits die vollendete Form eines jungen Zellkerns erhalten. Das vom Zellkernbeutel eingeschlossene Stärkemehl zeigt sich jetzt deutlich componirt, meist in Zwillingen bis Vierlingen. Der äussere Ptychoderaum enthält kein Stärkemehl.

In c haben die Kernstoffkörper des Zellkerns zu Makrophysaliden sich umgebildet, deren Inhalt von Karmin jetzt nicht mehr gefärbt wird. Wahrscheinlich sind es Intracellularkanäle, an denen der, aus dem Kernkörperchen regenerirte, neue Zellkern im Mittelpunkte der Zelle festgehalten wird. Die geringe Grösse der Zellen versagt näheren Aufschluss. Mögen es aber Intracellularkanäle, oder die, noch nicht verwachsenen Makrophysalide sein, welche den inneren Zellraum einnehmen, so ist doch so viel gewiss, dass durch die Entwickelung der letzteren die Stärkekörnchen nach aussen in die Lage gedrängt wurden welche Fig. c zeigt. Ob der

frühere Ptychodeschlauch gleichzeitig zu einer zweiten Zellwand sich ausbilde und dadurch verschwinde, oder ob durch Resorbtion der älteren Intracellularkanäle und der inneren Schlauchhaut ein Ptychoderaum zwischen neuer Ptychode und alter Ptychoide entstehe, lässt sich hier nicht erkennen. Die componirten Stärkekörnchen zeigen sich in diesem Entwickelungszustande nicht mehr isolirt, sondern zu drei bis sechs in eine gemeinschaftliche Hüllhaut eingeschlossen. Der directen Beobachtung günstigeren Fällen entsprechend, ist es die Hüllhaut der ursprünglich einfachen, dann durch Selbsttheilung componirten Stärkekörnchen, welche sich zur Hüllhaut des Brutbeutels erweitert hat, während jedes Theilkörnchen, durch Selbsttheilung, wiederum zum componirten Mehlkorne geworden ist.

In d sind sowohl der centrale Zellkern als auch die, das componirte Stärkemehl enthaltenden Brutbeutel zu einer Grösse herangewachsen, die eine völlige Verdrängung des Innenraumes der Zelle zur Folge hat. Das Kernkörperchen des Zellkerns zeigt in diesem Falle stets eine ungewöhnliche Zweitheilung, die ich nicht zu deuten weiss.

In e zeigt sich an der Stelle des Zellkerns eine, mit farbloser Flüssigkeit erfüllte, kugelige Blase, die mit der Oelbildung in Beziehung zu stehen scheint, deren erste Spuren zu dieser Zeit sich zu erkennen geben (Mitte September). Es ist mir nicht gelungen eine bestimmte Ansicht darüber zu erlangen, ob diese Blase, wie in Fig. 3 d, einem Monophysalid ihr Entstehen verdankt, oder ob es die Kernstoffmasse des, schon in Fig. 4 d sehr grossen Zellkerns ist, die sich zu Oel umbildet und verflüssigt. Das letztere ist wahrscheinlicher, wenn man die Grössenverhältnisse des Zellkerns in d und der Blase in e vergleicht. Das Vorhandensein eines, wahrscheinlich aus jenem zweitheiligen Kernkörperchen (in d) herangewachsenen, Zellkern-ähnlichen Gebildes im Innern der Blase und überhaupt die Aehnlichkeit der Lagerungsverhältnisse aller übrigen Theile des Zelleninhaltes mit Fig. 3 d, spricht für Monophysalidenbildung. Die Brutbeutel des componirten Stärkemehls sind jetzt zum Theil resorbirt, und die von ihnen früher eingeschlossenen, componirten Stärkekörner liegen isolirt zwischen anderen, noch erhaltenen Brutbeuteln, deren Inhalt von Jod nicht mehr blau sondern goldgelb gefärbt wird. Offenbar hat deren früherer Inhalt an Stärkemehl zu Klebermehl sich verwandelt. Die zwischen ihnen lagernden, componirten, meist aus 4—6 Einzelkörnchen bestehenden Stärkekörner haben jetzt eine Grösse von durchschnittlich $^1/_{300}$''' Durchmesser erreicht und zeigen die, Taf. III. Fig. 10 dargestellte, an den Berührungsflächen der Einzelkörnchen comprimirte Form, die auf das Vorhandensein einer gemeinschaftlichen Hüllhaut hindeutet.

Fig. 4 f zeigt an der Stelle der Blase jetzt wiederum einen, durch Karmin sich roth färbenden, grossen Zellkern mit wandständigem Kranzkörperchen. Ich vermuthe, dass es das in e wandständige, Zellkern-ähnliche Gebilde sei, welches bis zur Ausfüllung des Blasenraumes herangewachsen ist, während die Flüssigkeit des letzteren (Oel?) nach aussen abgeschieden wurde. Ist es ein Monophysalid, dem die Blase ihr Entstehen verdankt, so lagert das Kranzkörperchen im Ptychoderaume desselben. Die freien componirten Stärkekörnchen sind jetzt bis auf wenige verschwunden. Das Vorkommen Einzelner derselben, innerhalb, durch Jod gelb gefärbter Brutbeutel deutet darauf hin: dass sie selbst sich nun ebenfalls zu Klebermehl umgewandelt haben.

Fig. 4 g zeigt den Zustand der völligen Reife. Der Solitair ist unzweifelhaft hervorgegangen aus der centralen Blase, sein Kranzkörperchen gleicht in Form und Grösse vollkommen dem Kranzkörper gewöhnlicher Zellkerne. Die den Solitair umgebenden, kleinen Kleberkörnchen sind durchaus frei von Einschlüssen, stofflich aber vom Solitair nicht verschieden.

Im Verlauf des Keimens schreiten die Kleberkörnchen, wenigstens zum Theil wieder in diejenigen Zustände zurück aus denen sie hervorgingen (h). Dieser rückschreitenden Metamorphose sind jedoch nur die Kleinkörnchen unterworfen, während der Solitair sich zum Aleuronballen löst, der ohne weitere Veränderung allmählig an Umfang verliert, bis er endlich ganz verschwindet (i k). Das Kranzkörperchen wird auch hier vom Aleuronballen ausgestossen und liegt neben demselben frei im Zellraume (k).

Im Herbste gesäete Nüsse zeigen Ende Mai des folgenden Jahres noch keine Veränderung des Inhaltes ihrer Samenlappen, obgleich diese, schon seit wenigen Wochen nach der Aussaat, sich mit Bodenfeuchtigkeit gesättigt haben und so stark gequollen sind als die Nussschalen dies gestatten. Erst wenn Ende Mai die Samenschalen platzen und das Würzelchen sich verlängert, tritt die, Fig. 4 h dargestellte Veränderung ein. Der Solitair ist noch unverändert und wird durch Quecksilberlösung dunkel kastanienbraun gefärbt. In der Umgebung des Solitairs liegen, in gelöster Aleuronmasse, eine Menge grosser Brutbeutel mit componirtem Stärkemehl, deren Form und Grösse genau dem, Fig. 4 d Dargestellten entspricht.

Ich habe mich vollständig überzeugt: dass im reifen Samenkorne, in der grossen Mehrzahl der Fälle keine Spur von Stärkemehl vorhanden ist. Nur ein oder zweimal fand ich, im Innern einiger der grösseren Kleinkörnchen, verschwindend kleine, durch Jod sich blau färbende Stellen. Ich habe mich ferner überzeugt, dass im reifen Samenkorne alle Kleinkörnchen vollkommen isolirt sind. Man muss daher annehmen: dass die, in d innerhalb der Brutbeutel eingeschlossenen Stärkekörnchen durch Resorbtion der gemeinschaftlichen Hüllhaut frei werden, dass die freien, componirten Stärkekörnchen mit zunehmender Reife sich zu Kleberkörnchen umbilden, und dass die in h von neuem auftretenden Brutbeutel aus einzelnen Kleinkörnchen des Klebermehls entstanden sind, die zunächst in vereinzelte, componirte Stärkekörnchen sich umbilden, wie solche in f zwischen den Kleberkörnchen lagern, und dass die in h wieder auftretenden, vielkernigen Brutbeutel aus solchen vereinzelten, componirten Stärkekörnchen entstanden sind, durch fortgesetzte Selbsttheilung des componirten Stärkekörnchens innerhalb dessen gemeinschaftlicher, zur Brutbeutelhaut sich erweiternden Hüllhaut.

In Fig. 4 i beginnt die Lösung auch des Solitair, zur Zeit wenn das Stengelchen ungefähr 2 Zoll hoch geworden ist. Es zeigen sich im Umfange desselben mehrere Stellen, auf welche Jod oder Quecksilber nicht mehr reagirt. Die ungefärbte, granulirte Hüllhaut tritt dann recht deutlich hervor, und erscheint, besonders in Terpentin, als ein, über die angefressene Aleuronmasse verbreiteter, sackförmiger Schleier, in dessen Innerem das Kranzkörperchen noch eingeschlossen liegt. Neben dem Solitair finden sich dann noch einzelne, componirte Stärkekörnchen in einer Flüssigkeit, die von Jod und Quecksilber nicht mehr gefärbt wird, aus der aber, unter Einwirkung von absolutem Alkohol Gleiskrystalle anschiessen.

Weiterhin enthalten die Zellen nur noch einen kugeligen Aleuronballen, der endlich ebenfalls verschwindet, während das Kranzkörperchen und einige Weisskern-ähnliche Körnchen ungelöst bleiben (k).

b) Amygdalus, Prunus (Taf. IV, Fig. 15 a—f).

Die Entwickelungsfolge des Embryo der Amygdaleen bis zur Reife, ist ziemlich genau die der Corylaceen, so dass Taf. IV, Fig. 4 auch hierfür als Erläuterung dienen kann. Ein, der Beobachtung günstiger Unterschied besteht darin: dass die vom Zellkerne ausgehende Diffusion von Chlorogenkörnchen sehr lange dauert, ungefähr bis zu $^1/_3$ endlicher Grösse des Embryo (Amygdalus communis: Mitte Juli), in Folge dessen in den grossen Zellen und Zellkernen die Chlorogen-haltigen Brutbeutel viel leichter und schärfer zu erkennen sind. Es sind dies eiförmige, hüllhäutige Körper, in denen, wie in Fig. 22 f, componirte Chlorogenkörper lagern, die sich von den componirten Chlorophyllkörpern in Fig. 7 nur dadurch unterscheiden, dass sie farblos sind, die Eigenschaft der Farbenspeicherung besitzen, und durch Jod gelbbraun gefärbt werden. Chlorophyllbildung findet hier gar nicht statt, sie wird übersprungen und es bildet sich das Stärkemehl unmittelbar in den Chlorogenkörnchen. Fig. 22 e kann hierfür als Erläuterung dienen. Auch verschwindet das Stärkemehl sehr rasch durch Umbildung in Klebermehl und findet sich nur noch an der Basis der Samenlappen wenn der Embryo $^3/_4$ seiner endlichen Grösse erreicht hat.

Abweichend hiegegen ist die Keimung der Amygdaleen und besonders instructiv durch das Verhalten des, auch hier kranzkörperförmigen Einschlusses der Solitaire. Letztere verwandeln sich schon in den ersten Stadien der Keimung in einen sehr grossen, centralen Monophysalid, ähnlich Taf. III, Fig. 12 f, durch dessen Ausdehnung die kleinen Kleberkörnchen in einen Ptychoderaum zur Seite gedrängt werden und sich allmählig, durch Lösung, der Zahl nach verringern, während das gelöste Aleuron vom Monophysalid aufgesogen wird, woselbst es, durch Behandlung mit Alkohol oder unter Oelschicht austrocknend, in grossen Gleiskrystallen anschiesst. Das Kranzkörperchen gelangt hierbei in den Ptychoderaum und zeigt sich nun thätig in Bildung des sehr kleinkörnigen Chlorophyll der sich grün färbenden Samenlappen. Fig. 15 a zeigt das normale Kranzkörperchen wie es im Solitair lagert und später frei wird. In b hat sich im Mittelpunkte des centralen Globus ein Hohlraum gebildet, der sich in c deutlicher als ein Luftbläschen zu erkennen giebt. In d erscheint dieses Bläschen wiederum mit einem festen oder flüssigen Stoffe erfüllt, die peripherischen Globen sind bedeutend grösser geworden und in e mit der Hüllhaut vom centralen Globus abgetreten, der in f sich wieder zu einem Kranzkörperchen ausgebildet hat. Die zu Brutbeuteln herangewachsenen, peripherischen Globen sind es, in denen sich das, kaum $^1/_{1000}$ Linie messende Chlorophyll bildet, welches den Samenlappen die grüne Farbe ertheilt.

c) Die Nadelhölzer (Taf. IV, Fig. 14 a–e, Fig. 21 a–g).

Für das Reifen der Nadelhölzer fehlt mir zur Zeit noch die vollständige Entwickelungsfolge; ich weiss nur so viel: dass in den ersten Stadien der Entwickelung sowohl des Endosperm als des Keims, der, von einem meist centralen Zellkerne ausgehenden Bildung von Chlorogen-Physaliden unmittelbare Umbildung derselben in Brutbeutel folgt, deren Inhalt componirtes Stärkemehl ist, in ähnlicher Weise wie ich dies für Corylus Taf. IV, Fig. 4 a—d dargestellt habe. Von da ab fehlen mir die Beobachtungen bis nahe zur Reife des Samenkorns (Mitte August), zu welcher Zeit die meisten Nadelholzarten nur Klebermehl, sowohl im Endosperm als in allen Theilen des Embryo enthalten. Eine Ausnahme hiervon machen die Stärkemehl führenden Samen von Salisburia, Araucaria und Cembra.

In den meisten Klebermehl führenden Nadelholzgattungen findet sich, neben dem kleinkörnigen Klebermehl, ein Solitair mit wandständigem Innenraume ohne unlösliche Einschlüsse. So bei Abies, Picea, Larix, Cedrus, Pinus, Thuja, Cupressus, Callitris, Frenela, Taxus. Im Keimungsprocesse bleiben jedoch bei mehreren Gattungen krystalloidische Körper längere Zeit ungelöst, ausgezeichnet durch eigenthümliche Zwillingsbildung, indem die Perforation sich hier häufig als ein sehr schmaler Isthmus zwischen zwei Hälften zu erkennen giebt. Taf. IV, Fig. 21 a—g zeigt diese Körper aus dem keimenden Samenkorne von Taxodium distichum.

Die Keimung der Nadelhölzer habe ich verfolgt bei Pinus sylvestris, Pinea, Picea excelsa, Abies balsamifera, Taxodium distichum und Taxus baccata. Im Wesentlichen entspricht dieselbe überall den bei Ricinus (Taf. IV, Fig. 1 e) und bei Corylus (Taf. IV, Fig. 5 k, l) dargestellten Vorgängen, d. h. es bildet sich mitten in der Masse der Kleberkörnchen ein neuer Hohlraum, dessen Compressionsfalten, wie in Fig. b f, anfänglich sehr deutlich hervortreten, der sich später aber zu einem grossen, kugeligen, von einer Hüllhaut umschlossenen Raume erweitert, durch welchen die noch nicht gelösten Kleberkörnchen zur Seite gedrängt und in einen neuen Ptychodeschlauch eingeschlossen werden (Fig. 6 l aber ohne Zellkern). In dem neu entstandenen Ptychoderaume verschwindet das Klebermehl nach und nach, und die Lösung desselben wird in den Innenraum des Schlauchs übertragen, woselbst sie zu einem kugeligen Aleuronballen zusammentritt (Fig. 1 e), der allmählig an Masse verliert und endlich ohne Rückstand verschwindet.

In dem neu gebildeten Ptychoderaume wird aber nicht alles Klebermehl gelöst. Gleichzeitig mit der Entstehung eines neuen Zellkerns verwandelt sich, wie bei Corylus (Fig. 5 l, m), ein Theil desselben in componirtes Stärkemehl, das im Endosperm, erst kurz vor dem Abwerfen desselben von den Samenlappen, ebenfalls verschwindet, in den Samenlappen hingegen zu Chlorophyll sich umbildet. Die Entwickelungsfolge Fig. 5 l—n kann auch hierfür als Erläuterung dienen.

Nirgends habe ich die Umbildung der Kleberkörnchen in Stärkemehl-Brutbeutel und dieser in componirte Stärkekörner so bestimmt verfolgt wie in Pinus Pinea und Abies (Tsuga) canadensis.

Ungefähr 14 Tage nach der Aussaat des Samens von Pinus Pinea, nachdem das Würzelchen ½ Zoll aus dem Samen hervorgewachsen ist, zeigt Jodglycerin im Ptychoderaume der Endospermzellen noch viele Kleberkörnchen gut erhalten und in diesen, durch blaue Färbung, die Anfänge der Stärkemehlbildung. In der grossen Mehrzahl der Fälle liegen dieselben im Innern des randständigen Innenraums, theils einzeln, theils in der Mehrzahl (Taf. IV, Fig. 14 a); es kommen aber auch Körner vor, in denen das Stärkemehl ausserhalb des randständigen Innenraums entsteht (Fig. b). Fig. c zeigt einen Fall, in welchem das Stärkemehl innerhalb des erweiterten randständigen Innenraums lagert.

Lässt man den Samen von Abies canadensis (Ab. pectinata wird wohl dasselbe zeigen, ich hatte diesen Samen zufällig nicht zur Hand) bis zu einer Länge des Würzelchens von 3''' ankeimen, dann vollständig austrocknen, bringt man darauf Scheibenschnitte aus dem Endosperm mit Jodäther in Berührung, deckt man darauf sofort mit Oel und Deckglas, so erhält man nicht allein die unter a dargestellten Zustände, sondern auch solche zur Ansicht, in denen der, das Stärkemehl enthaltende, randständige Innenraum auf Kosten der Klebermasse sich erweitert hat (d, e) bis zum gänzlichen Verschwinden der Aleuronsubstanz, in welchem Falle die nun sich vergrössernden Stärkekörnchen, anfänglich entfernt voneinander liegend (f), endlich mit zunehmender Grösse das componirte Stärkekorn bilden, wie dies Taf. IV, Fig. 9, Taf. III, Fig. 10 darstellt.

Das Endosperm des reifen Samens von Taxus baccata führt in einem dünnhäutigen Zellgewebe einen grossen Solitair, ohne Innenraum und ohne Einschlüsse, umgeben von vielen kleinen, unregelmässig geformten Kleberkörnchen. Untersucht man dasselbe zur Zeit, wenn die Keimung so weit vorgeschritten ist, dass die

Samenhäute mit dem Endosperm von den primären Blättern abgestreift werden *), so findet man in den Endospermzellen einen neuen Zellkern, umgeben von einfachem, kugelrundem Stärkemehl, das in grösseren Mengen einen, der Zellwand anliegenden Ptychodeschlauch erfüllt. Das Stärkemehl entsteht hier nicht aus einer Umbildung des Klebermehls, sondern geht aus dem regenerirten Zellkerne hervor, und wird endlich ebenfalls aufgelöst und von den Primärblättern aufgesogen, kurz vor dem Abstreifen des Käppchens. Eines Ausnahmsfalles habe ich bereits Seite 126 erwähnt. Dass es der Solitair sei, aus dem der neue Zellkern entsteht, lässt sich hier mit grosser Sicherheit erkennen.

Die von den Samenhäuten und von dem darin liegenden Endosperm kappenförmig bekleideten Primärblätter saugen aus letzterem die Aleuron- und Gleislösung, vielleicht nur letztere auf; ein geringer Theil derselben genügt zur Vermittelung der Zellenmehrung und des Zellenwachsthums; der bei weitem grösste Theil wird von den Zellkernen aufgesogen, deren Kernstoffkörper in rasch aufeinander folgenden Generationen zu Stärkemehl noch innerhalb der Zellkern-Hüllhäute sich ausbilden, so dass, noch ehe die Samenhäute von dem ersten Blattquirl abgeworfen werden, der Stengel und die Wurzel jenseit des Knies so dicht mit Stärkemehl erfüllt sind, dass diese Theile beim Austrocknen zwischen Löschpapier ihre natürliche Form und Rundung behalten. Auch auf der Blattseite des Knies findet sich Stärkemehl, es ist dies aber hier von einer grünen, fadenziehenden Chlorophyllsubstanz wie mit einem Schleier überzogen, der einzige mir bis jetzt bekannt gewordene Fall, in welchem ich eine feste Begrenzung des scheinbar amorphen Chlorophyll nicht zu erkennen vermag. Merkwürdigerweise ist alles im Keime gebildete Stärkemehl componirt, alles im Endosperm sich bildende Stärkemehl hingegen einfach.

6. Die Kernstoffkörper des Zellkerns verwandeln sich in Chlorophyll, daraus entsteht Stärkemehl und aus letzterem bildet sich erst das Klebermehl.

a) Lupinus luteus (Taf. IV, Fig. 5 a—p).

§. 105. Die figürlichen Darstellungen dieser Entwickelungsfolge beginnen mit dem Zustande des Zellgewebes der Samenlappen, in welchem der centrale Zellkern bereits vorhergehend Chlorophyll-Physalide gebildet und in den Ptychoderaum ausgesendet hat. Die Figuren 12, 13 a b der dritten Tafel dienen zugleich der Veranschaulichung dieser Zustände, die vom frühesten bis zu demjenigen Alter des Embryo dauern, in welchem das Endosperm vollkommen resorbirt, der Same zu $^3/_4$ endlicher Grösse ausgewachsen ist, die Testa aber noch keine Spur der später auftretenden bunten Zeichnungen erkennen lässt, sondern die Farbe der tief grünen Samenlappen noch durchscheinen lässt.

Bis dahin bildet der Zellkern nur Chlorophyll-Physalide, die sich im Ptychoderaume zu Chlorophyllführenden Brutbeuteln ausbilden, in derselben Weise wie ich dies Taf. IV, Fig. 4 c und d dargestellt habe, mit dem Unterschiede: dass das, was dort componirtes Stärkemehl ist, hier componirte Chlorophyllkörner (Taf. III, Fig. 7 a—f) sind. Die, des beschränkten Raumes wegen geringe Zellengrösse gestattete nicht, dies Taf. IV, Fig. 5 a—c näher auszuführen.

Während dieses langen Zeitraums der Bildung von Chlorophyll-Physaliden sind es eine Mehrzahl von Physalide-Generationen, die vom Zellkerne abtreten. Bilder wie Fig. 5 b und c, in denen die concentrische Ordnung der grün gefärbten Bläschen recht bestimmt ihren Einschluss in eben so viele Ptychodeschläuche erkennen

*) Bei tiefer Lage des Samenkorns bleiben die Samenhüllen in der Regel ohne Ortsveränderung im Boden liegen. Der Keimling zeigt dann sehr beachtenswerthe Wachsthumserscheinungen, indem das Stengelchen knieförmig zur Bodenoberfläche emporwächst, während auf der, dem Samenkorne und den noch darin liegenden Primärblättern entgegengesetzten Seite des Knies, das Würzelchen gleichzeitig in grössere Tiefe eindringt. Der Taxuskeimling gleicht dann einer senkrecht im Boden steckenden, bis $1^1/_2''$ langen Haarnadel, deren scharf gekrümmtes Knie zur Bodenoberfläche emporsteigt, während der eine ihrer Schenkel mit den Primärblättern noch im Samenkorne steckt, der zweite Schenkel schon tief unter die Lagerungsstelle des Samenkorns in den Boden eingedrungen ist. Erst wenn das Knie über die Bodenoberfläche hinausgewachsen ist, tritt eine Streckung desselben ein, der zu Folge der, die Primärblätter tragende Schenkel aus dem Boden gehoben wird. (Ueber das Strecken selbst alter Stammtheile vergl. Forstliche Culturpflanzen, Pinus Pumilio, S. 72). Beachtenswerth ist ferner hierbei: dass der, vom Samenkorne ausgehende Schenkel und dessen noch tief im Boden liegende Blätter grün sind und Chlorophyll enthalten, während der andere Schenkel überall, bei gleicher Lichtwirkung, ungefärbt ist und Stärkemehl enthält.

lassen, sind gar nicht selten. Dass jede dieser scheinbar ringförmigen (wirklich kugeligen) Chlorophyllschichten (c) von zwei Schlauchhäuten eingeschlossen ist, erkennt man an der, trotz der Entfernung der Ringe in jedem derselben stattfindenden Compression der Brutbeutel. Chlorcalcium leistet hierbei die besten Dienste.

Ist das Endosperm vollständig resorbirt, dann beginnt die Umbildung der componirten Chlorophyllkörner innerhalb der Brutbeutel in componirtes Stärkemehl. Fig. 4 c und d gilt auch hierfür als Erläuterung; in der Entwickelungsreihe Fig. 5 d und e konnte ich die Umbildung in Stärkemehl nur andeuten durch die dunklen Umrisse der in dieser Weise veränderten Brutbeutel.

Wenn der Same ausgewachsen ist, die Samenlappen aber noch grün gefärbt sind, entwickelt der, in Fig. 5 e noch von Stärkemehlkörnchen umlagerte, centrale Zellkern einen Monophysalid (Fig. 5 f), in dessen Ptychoderaume die ersten Spuren der Bildung von Klebermehl auftreten, und zwar durch Vermittelung des Krystalloid, dessen Lage in f durch rothe Färbung kenntlich gemacht ist.

Das Verhalten des Krystalloid hierbei ist ein sehr beachtenswerthes, indem es den Beweis liefert: dass derselbe in der That ein Kernkörperchen ist, dessen centraler Globus das bildet, was ich die Perforation genannt habe, während die peripherischen Globen zur Doppelscheibe krystallisiren.

Die erste Veränderung, welche der, bis dahin gegen Karminlösung völlig abgeschlossene Krystalloid zu erkennen giebt, besteht darin, dass zuerst zwei gegenüberstehende, dreikantige Räume (Fig. 16 a), endlich der ganze Krystalloid farbenspeichernd wird. Ist dies geschehen, so entwickelt sich auf jeder Seite der Platte, unverkennbar von der Perforation ausgehend, ein kleines, ebenfalls farbenspeicherndes Bläschen (b), das allmählig an Grösse zunimmt (c), einen Hohlraum erhält (d), zwischen welchem und der äusseren Hüllhaut (Ptychoderaum) aus einem ursprünglich einfachen Kügelchen ein normales Kranzkörperchen entsteht (e), das sich durch Selbsttheilung vervielfältigt (f) und zu Physalidenbildung im Innern der einzelnen Bläschen Veranlassung giebt (g). Durch gelinden Druck auf das Deckglas trennen sich die Bläschen leicht von der Scheibe des unveränderten Krystalloid und ich vermuthe: dass derselbe nach und nach zum Zeuger aller der Bläschen wird, die neben ihm später denselben Ptychoderaum füllen und sich unmittelbar zu Klebermehl umbilden, wie dies Fig. 5 g zeigt.

Dieselbe Figur (5 g) zeigt ausser dem inneren, noch den äusseren Ptychodeschlauch, erfüllt mit Chlorophyll und Stärkemehl. In h ist von letzterem keine Spur mehr vorhanden. Da dies zugleich der Zeitpunkt ist, in welchem die zweite Zellwandung sich bildet, so darf man annehmen, dass letztere aus den Schlauchhäuten und dem Inhalte dieses äusseren Ptychodeschlauches hervorgehe, eine Annahme, der nur die Thatsache entgegensteht: dass sich zwischen den Kleberphysaliden in h häufig noch grüne Körnchen gelagert finden, die aber möglicherweise späterer Entstehung sein können.

Unter den Krystalloiden findet man einzelne, in denen die Bläschen sich nicht frei sondern innerhalb einer gemeinschaftlichen Hüllhaut entwickeln (Fig. 16 h). In diesem Falle bilden sich im Innern jedes Bläschens eine Mehrzahl compacter Körnchen, die den einfachen Kernkörperchen mit centralem Schatten ähnlich sehen und den Raum der Bläschen ganz erfüllen. Es ist mir nicht unwahrscheinlich, dass diese Bildung mit der Erzeugung des Solitair in Verbindung steht; dass, nachdem der Krystalloid die Kleberphysalide in bezeichneter Weise gebildet und abgeschnürt hat, diese Bildung ein letzter Akt seiner Thätigkeit sei, durch den er sich für die Dauer der Samenruhe in sein Winterkleid hüllt.

Mit dem Auftreten des freien Krystalloid im Ptychoderaume des Monophysalid (f), verschwindet der bis dahin stets vorhandene normale Zellkern, dessen Function: Bildung von Mikrophysaliden, von da ab der Krystalloid übernimmt. Aber schon viel früher findet man im Innenraume der Zellen einen freien Krystalloid, schon dann, wenn die Samenlappen kaum den dritten Theil des Keimsäckchens ausfüllen (Taf. I, Fig. 8—9). Die Zeit seines ersten Auftretens habe ich nicht ermitteln können in Folge sehr geringer Grösse dieses Körpers, während der früheren Entwickelungszustände des Keims. Obgleich ohne Zweifel aus dem Zellkerne stammend, habe ich ihn doch nie im Zellkerne selbst gesehen, sondern immer nur im Innern eines, aus dem Zellkerne stammenden Makrophysalid, aus dem er, nach Resorbtion der Makrophysalide-Häute, in den inneren Zellraum gelangt und dort in der Regel an einem der Intracellularkanäle haftet (Fig. 5 d). In den jungen Zellen übersteigt die Grösse des Krystalloid selten $^1/_{500}'''$ Plattenbreite, während im reifen Samenkorne dieselbe bis $^1/_{90}'''$ steigt. Es sind aber nicht die kleinen Krystalloide des jungen Embryo, welche zu den grossen des reifen Samenkorns heranwachsen, sondern erstere verschwinden, nachdem sie in den Innenraum der Zelle übergegangen sind, während neue, grössere Krystalloide vom Zellkerne ausgehen. Für den Krystalloid des Solitair im reifen Samenkorne

(Fig. 5 i), der ohne Zweifel als Rest des verschwindenden Zellkerns in f zurückbleibt, habe ich die Entwickelung aus einem Kernkörperchen mit ziemlicher Sicherheit verfolgt, wie dies die Entwickelungsfolge Fig. 16 i darstellt.

Zu jeder Zeit findet man nur einen Krystalloid in jeder Zelle, zu jeder Zeit, selbst bei einer Grösse von nur 1/800 Linie, erkennt man die gleiche Zusammensetzung aus zwei Platten, die man betrachten kann als sehr flache, gleichwerthige Abschnitte zweier sechs- oder vierseitiger Pyramiden, die untereinander mit ihren congruenten Gipfelflächen verwachsen sind.

Der Beobachtung dieser Uebergangsbildungen treten mancherlei Schwierigkeiten in Behandlung des Objects entgegen. Die besten Bilder liefert die Beobachtung im eigenen Safte, den man durch gelindes Ausdrücken der Samenlappen erhält und in den man die Scheibenschnitte sofort unter Deckglas bringt. Auch Aether leistet gute Dienste, indem in ihm das junge Kleberkorn bedeutend an Löslichkeit in Wasser verliert und nach Verdunsten desselben mit Jodwasser oder Karminwasser gefärbt werden kann. Jodglycerin ist ebenfalls mit Erfolg verwendbar.

Bis zur Kleberbildung liefern Scheibenschnitte unter Deckglas mit absolutem Alkohol behandelt, oder auch unter flacher Oelschicht austrocknend, grosse Mengen von Gleiskrystallen, in der Fig. 18 b, c dargestellten Form des Doppelkeils. Von da ab erhält man sie bei gleicher Behandlung nicht mehr, an ihre Stelle tritt nun fettes Oel, dessen erste Spuren, durch Behandlung der Scheibenschnitte mit Wasser erkennbar, gleichzeitig mit der Bildung des Klebermehls auftreten. Bringt man Scheibenschnitte mit jungem Klebermehle einige Stunden in Aether, dann mit Aether unter Deckglas, ersetzt man den verdunstenden Aether durch Karminwasser, so zeigt jeder Brutbeutel einen grösseren oder kleineren, meist wandständigen Hohlraum (Fig. 5 p), der möglicherweise mit der Oelbildung in Beziehung steht.

Fig. 5 i zeigt die Zelle der Samenlappen aus Lupinus luteus im Zustande der Reife und nach völliger Austrocknung des Samenkorns. Ein Solitair mit eingeschlossenem Krystalloid ist umlagert von einer grossen Zahl kleiner Kleberkörnchen, die durch gegenseitigen Druck polyedrisch gepresst sind. Trotzdem erkennt man an guten, vermittelst Jodglycerin gefärbten Scheibenschnitten zwischen je zwei Körnchen einen ungefärbten Raum, der nur von einer, das Korn umgebenden Hüllhaut herrühren kann.

Mit Beginn der Keimung trennt sich die Menge der Kleberkörnchen zuerst in zwei gesonderte Partien, in eine innere, kugelige und in eine äussere, ptychodeschlauchförmige, wie dies Fig. 5 k zeigt. In beiden Complexen erkennt man noch sehr bestimmt die Kleberkörnchen, jedes einzelne mit einem wandständigen Innenraume. Im centralen Complexe sieht man einen oder auch mehrere grössere Körner von kugeliger Form, die, wie mir scheint, aus einer Verschmelzung kleinerer Kleberkörnchen hervorgegangen sind. Dieser centrale Complex zieht sich später zu einem kugeligen Ballen zusammen (l), wird allmählig kleiner und verschwindet endlich ganz.

Im schlauchförmigen Complexe hingegen treten an die Stelle der Kleberkörnchen Brutbeutel mit componirtem Stärkemehl (Fig. 4 h, in Fig. 5 l nur angedeutet); es stellen sich, unter fortdauernder Verminderung des Klebermehls, die Zustände der Reifung Fig. 5 g—d, und endlich a wieder her, durch Rückbildung des Stärkemehls in Chlorophyll, wobei auch ein neuer, normaler Zellkern (m und n) im Ptychoderaume auftritt.

Während dieser Vorgänge erleidet der, in k und l innerhalb des centralen Aleuronballen versteckte Krystalloid die Umwandlung in einen hüllhäutigen Körper, den ich früher mit der Regeneration des Zellkerns in Verbindung bringen zu müssen glaubte, um so mehr, als bei dieser Umbildung der Krystalloid die Eigenschaft der Farbenspeicherung wieder erlangt. Ich bin jedoch in dieser Ansicht zweifelhaft geworden, einestheils weil ich die Entwickelungsfolge trotz aller angewandten Bemühungen nicht zum Abschluss zu bringen vermochte, anderentheils, weil der neue Zellkern nicht im centralen Aleuronballen, sondern im peripherischen Ptychoderaume entsteht (m) und erst später die centrale Stellung (n) erhält, endlich weil in vielen Fällen ein neuer Zellkern und ein Krystalloid zusammen in gleichem Zellraume vorkommen. Die Veränderungen, welche der Krystalloid im Keimungsprocesse erleidet, sind aber an sich wichtig genug, um weitere Beachtung zu verdienen, da sie recht scharf die hüllhäutige Natur dieses Körpers bekunden. Sie bestehen entweder in einer zunehmenden Erweiterung der Perforation (Fig. 16 k), durch welche die farbenspeichernde Substanz in zwei, meist gleiche Hälften zerfällt (l), die allmählig kleiner werden (m), bis sie gänzlich verschwinden und ein, dem Umfange des Krystalloid entsprechendes, kugeliges Bläschen zurücklassen, in welchem sehr kleine Kügelchen liegen, die deutlich grün gefärbt sind; oder es bildet sich eine ungefärbte Körnerschicht unter der Hüllhaut, die, von zwei gegenüberstehenden Ecken des Krystalloid ausgehend, im ganzen Umfange eines bleibenden, krystallinischen Kerns

sich verbreitet (n), worauf, wahrscheinlich durch Wassereinsaugung, die Hüllhaut mit den Körnchen vom Kerne abtritt, die ersteren dann ebenfalls eine grüne Farbe erlangen (o), der krystallinische Kern allmählig kleiner wird und endlich ganz verschwindet.

Wie überall so verschwindet auch hier, schon in den frühesten Stadien der Keimung, das Oel und Gleiskrystalle treten an dessen Stelle.

b) Lupinus albus (Taf. IV, Fig. 22 a—f).

Das Vorhandensein eines Solitair mit eingeschlossenem Krystalloid scheint Lupinus luteus allein eigenthümlich zu sein. In ungefähr funfzehn verschiedenen Arten, die ich in dieser Richtung untersucht habe, kann ich ihn nicht auffinden. Unter diesen habe ich die Entwickelungsfolge bei Lupinus albus specieller verfolgt. Im Allgemeinen gilt auch für diese, und wahrscheinlich für alle Arten der, Fig. 5 a—n dargestellte Entwickelungsverlauf mit dem Unterschiede, dass es, hier stets von einem normalen Zellkerne ausgehende Physalide sind, die sich im Ptychoderaume zu Brutbeuteln entwickeln, deren Inhalt zu componirten Chlorophyllkörnern sich ausbildet, die dann unmittelbar zu componirtem Stärkemehl und Klebermehl werden.

Zur Zeit wenn der Same ausgewachsen ist, die Samenlappen aber noch lebhaft grün gefärbt sind, findet man in demselben Samenkorne alle die verschiedenen, Fig. 22 dargestellten Entwickelungsstufen vereint, die jüngeren an der Basis, die älteren in der Spitze der Samenlappen, da auch diese, wie andere Blätter an der Basis durch Zellenmehrung wachsen, die Basalzellen daher viel jünger sind als die Zellen der Spitze.

Fig. 22 a zeigt einen durch Karmin gefärbten Zellkern, dessen untere Kernstoffkörper sich gelöst haben und bereits natürlich grün gefärbt sind, obgleich sie ihre ursprüngliche Lagerung noch erkennen lassen.

Nachdem die grün gefärbten Kernstoffkörperchen vom Zellkern aus in den Ptychoderaum getreten sind, entwickeln sie sich in der Taf. III, Fig. 7 a—f dargestellten Weise zu Brutbeuteln, erfüllt mit componirten Körnchen von grüner Farbe (b). Wo die Hüllhaut dieser Brutbeutel durch Druck oder Schnitt zerstört ist, erkennt man die grünen Körnchen theils einzeln, theils in Zwillings- bis Vierlingsbildungen, wie die fünf, neben b gezeichneten Figuren erläutern. Fig. 5 a—c entspricht diesen Entwickelungszuständen.

In etwas älteren Zellen, ungefähr auf der Grenze zwischen dem ersten und zweiten Drittheil der Samenlappenlänge, erkennt man, durch Jodwasser, im Innern eines jeden Theiles der componirten Kleinkörnchen einen dunklen Punkt, der da wo er etwas grösser geworden ist, die blaue Farbe deutlich erkennen lässt. In Fig. 22 c habe ich einen Brutbeutel dieser Art und daneben die durch denselben zusammengehaltenen, componirten Körnchen gezeichnet. Auch Fig. 6 b und Fig. 7 dienen zur Erläuterung. Fig. 5 d, e gehören zu dieser Entwickelungsstufe.

Mit zunehmender Ausbildung werden die Stärkekörnchen in jedem Theilkörper des componirten Chlorophylls immer grösser, der grüne Rand wird immer schmaler (Taf. III, Fig. 8 a—f), bis dieser gänzlich verschwindet, der Brutbeutel dicht und gedrängt erfüllt ist mit componirtem Stärkemehl (d, auch Taf. IV, Fig. 9, 10, Taf. III, Fig. 10 a—h). Ohne Zweifel ist der Brutbeutel jetzt genetisch aequivalent den Grosskörnchen des Stärkemehls von Nuphar (Taf. III, Fig. 38—44), von Spiraea (Taf. III, Fig. 36), von Avena (Taf. II, Fig. 47—52). Ein Unterschied liegt nur darin, dass letztere auf dieser Entwickelungsstufe verbleiben, während in dem vorliegenden Falle sie zu Klebermehl umgebildet werden. Fig. 5 d—f gehören zu Fig. 22 c und d.

Die Umbildung der Stärkekörnchen geschieht in entgegengesetzter Richtung wie die Umbildung des Chlorophyll in Stärkemehl. Dort beginnt sie im Centrum des Chlorophyllkorns und schreitet nach aussen vor; hier beginnt sie am Rande des Stärkekörnchens, der nun von Jod nicht mehr blau sondern gelbbraun gefärbt und fortschreitend breiter wird, bis endlich auch der, durch Jodglycerin noch blau gefärbte Stärkekern (e) verschwindet. Hierher auch Fig. 5 o und Fig. 8.

Bis zur Herausbildung des Klebermehls ist die Behandlung des Objects einfach und leicht. Gut geführte, scharfe Querschnitte aus den Samenlappen und Betrachtung derselben im eigenen Safte, in Karminlösung und Jodwasser genügen vollständig, um die dargestellten Bilder zur Ansicht zu erhalten. Mit der Herausbildung des Klebermehls treten grössere Schwierigkeiten ein, durch die Leichtlöslichkeit desselben in den meisten färbenden Flüssigkeiten. Jodglycerin leistet hier noch die besten Dienste, doch muss man auch in diesem Reagens mitunter lange suchen und zwar unter beständigem Gebrauch der für die Mehrzahl solcher Untersuchungen ganz

unentbehrlichen Drehscheibe *), ehe man sich vollständig überzeugt, dass auch jetzt noch, wie Fig. 22 f darstellt, die Kleberkörnchen componirt und in einen Brutbeutel eingeschlossen, also nur stofflich verändert sind.

Im eigenen Zellsafte, d. h. in dem Safte des Innenraums der Zelle, wenn dieser durch den Schnitt geöffnet ist und mit dem Inhalte des Ptychoderaums sich mengt, aber auch in Oel und Terpentin erscheint das junge Kleberkorn wie Oeltropfen in Wasser. Diese Tropfen verschmelzen untereinander und ziehen sich in Fäden aus, wo eine Strömung des Safts stattfindet. Es hat daher bei der Entwickelung des Klebers aus dem Stärkemehl jeden Falles eine Erweichung des Stoffes stattgefunden.

Schon früher habe ich auf den Unterschied aufmerksam gemacht, den der Zellkern unter Einwirkung von Jodwasser und von Karminwasser erleidet. Hier findet sich etwas dem Aehnliches. In Jodwasser contrahiren sich die Kleberkörnchen und zeigen dann eine feingrubige Aussenfläche (rechts von f); in Karminwasser hingegen erweitern sie sich vor der endlichen Auflösung durch eine oder mehrere in ihrem Innern entstehende Vacuolen (links von f), die sehr an die Physalidenbildung erinnern. Es ist bemerkenswerth, dass dasselbe Verhalten auch an den in Jodwasser liegenden Kügelchen eintritt nachdem das freie Jod verdunstet ist **).

Fig. 5 g—i entsprechen der Umbildung des Stärkemehls in Klebermehl, wie sie Fig. 22 e—f darstellt.

In den Keimungsvorgängen habe ich einen wesentlichen Unterschied von denen nicht gefunden, deren ich bei Lup. luteus gedacht habe.

c) Tropaeolum majus (Taf. IV, Fig. 6, 7, 8).

In diese Figuren habe ich zugleich die Entwickelungsfolge der Zellwandung aufgenommen. Die Zellen a—c bestehen nur aus der Cambialwandung, die wir auch in den älteren Zellen (f—l) als ein zartes Netzwerk wiederfinden, dessen Trennung zu zwei Zellwandungen dort aber nur an den Grenzen der Intercellularräume erkennbar ist. Von d ab bekleidet sich die innere Fläche der Cambialwandung mit einer zweiten, mehrschichtigen Zellwandung, die mit zunehmender Reife dicker wird (e—h), während der ersten Stadien des Keimens keine Veränderung zeigt (i—l), dann allmählig dünner wird (m) und endlich ganz verschwindet, worauf die Cambialwandung wiederum allein das Zellengehäuse bildet (n—p).

Das Zellgewebe der Samenlappen von Tropaeolum zeigt viele, sehr grosse Intercellularräume, besonders in der Nähe der, im reifen Samenkorne untereinander verwachsenen Innenflächen beider Samenlappen. Zwischen den beiden Zellenreihen c—h und i—n habe ich solche erweiterte Intercellularräume dargestellt, die hier nicht wie gewöhnlich leer sind, sondern Ptychodeschläuche beherbergen (q, r, s, t), theils nackte (q, r, t), theils solche, die nur eine Cambialwandung in ihrem Umfange gebildet haben (s).

Diese nackten Ptychodeschläuche des Intercellularraums verrichten alle Functionen der benachbarten, in einem Zellhause liegenden Ptychodeschläuche. Sie führen Chlorophyll, wenn die Nachbarzellen Chlorophyll enthalten, sie enthalten Stärkemehl (t) oder Klebermehl, wenn sich solches in den Ptychodeschläuchen der Nachbarzellen herausgebildet hat, und liefern dadurch den unwiderleglichen Beweis: dass der Ptychodeschlauch die eigentliche, lebensthätige Zelle, dass die Zellwandung nur ein Gehäuse für dieselbe sei.

Nach dieser, Behufs Orientirung vorläufigen Uebersicht der Figuren wende ich mich zur Entwickelungsfolge des Zelleninhaltes.

Vom ersten Auftreten des Keims bis zu dem, Taf. I, Fig. 66 dargestellten Entwickelungszustande, ent-

*) Vielen der neueren Instrumente fehlt diese Vorrichtung zur raschen Veränderung des Lichteinfalls, und das ist ein grosser Mangel. Ich wüsste nicht wie ich ohne Drehscheibe fertig werden könnte, die ich bei subtileren Untersuchungen fortwährend in Bewegung erhalte, vermittelst des Mittelfingers, während Daumen und Zeigefinger die Objectplatte führen. Man kann zwar durch veränderte Spiegelstellung dasselbe erreichen, aber diese ist für wirkliches Arbeiten viel zu zeitraubend, als dass man häufig davon Gebrauch machen könnte. Dagegen ist die Drehscheibe einigermaassen zu ersetzen, wenn man den Mittelfinger zwischen Spiegel und Object hin und her bewegt.

**) In einem noch weit grossartigeren Maassstabe zeigt sich die verschiedene Wirkung von Jodwasser und Karminwasser angewendet auf Pollenkörner. Der Blüthestaub der Getreidearten, z. B. des Hafers, dessen Saft grosse Mengen einfach componirter Stärkekörnchen enthält, entleert sich seines ganzen Inhaltes in Karminwasser rasch und energisch, mit weit hinreichender Ausspritzung desselben verbunden, während in schwacher, wässriger Jodlösung die Pollenkörner einige Minuten gar keine Veränderung zeigen, worauf nur einzelne Körner ihren Inhalt langsam nach aussen abgeben, die meisten zusammenschrumpfen, durch Abgabe nur ihres flüssigen Inhaltes, während die Stärkekörnchen, sehr kleine Kleberkörnchen und ein zellkernähnlicher, durch Karmin sich roth färbender Ballen im Innern der Hüllhäute verbleiben.

halten die Zellen der Samenlappen einen meist centralen Zellkern und Chlorophyll, dass sowohl den Zellkernbeutel als den peripherischen Ptychodeschlauch erfüllt (Taf. IV, Fig. 6 a). In letzterem erkennt man recht deutlich die Vereinigung der einzelnen Chlorophyllkörner zu Brutbeuteln, in jedem Brutbeutel sieht man componirte Formen der Chlorophyllkörnchen, wie solche Taf. III, Fig. 7 a—f darstellt. Taf. IV, Fig. 7 habe ich einen einzelnen Brutbeutel vergrössert dargestellt.

Zur Zeit wenn der Embryo die, Taf. I, Fig. 67 dargestellte Grösse erreicht hat, beginnt die Umwandlung der componirten Chlorophyllkörnchen in componirte Stärkekörnchen, und zwar in jedem Theilkörper ersterer, von innen nach aussen fortschreitend, ohne dass die Vereinigung der Körnchen zu Brutbeuteln verloren geht (Fig. 6 b, Fig. 7 und 8). Ich meine, man müsse die Brutbeutel betrachten als mehrfach componirte Chlorophyll- oder Stärkekörner, genetisch aequivalent den mehrfach componirten Stärkekörnchen aus dem Haferkorne (Taf. II, Fig. 47—52), aus Nuphar (Taf. II, Fig. 39—44), aus Spiraea (Taf. II, Fig. 36) etc.

Bis zur Zeit in welcher die Samenlappen so weit herangewachsen sind, dass deren innere Blattseiten dicht zusammenliegen und die Verwachsung derselben beginnt, haben sich die Chlorophyllkörner sämmtlich zu Stärkemehl umgewandelt und isolirt; die Zellen enthalten jetzt nur noch Stärkemehl (c), ohne Veränderung in den Lagerungsverhältnissen desselben.

In einem, diesem sehr bald folgenden Entwickelungszustande ist die vorhergehend sehr grosse Stärkemehlmenge des peripherischen Ptychoderaums verschwunden. Man sieht nur noch einen Ballen von componirten Stärkekörnchen in der Umgebung des centralen Zellkerns (d). Da zu dieser Zeit die ersten Spuren einer zweiten Zellwandung auftreten (in der Abbildung d ist dieselbe um Etwas klarer, schärfer und dicker gezeichnet als sie sich jetzt in der Wirklichkeit zu erkennen giebt), so ist es nicht unwahrscheinlich: dass der in c noch vorhandene Ptychodeschlauch mit seinem ganzen Inhalte an Stärkemehl, in d zur Zellwandung sich umgebildet hat. Directe Beobachtung und weitere Beweisgründe einer solchen Umbildung vermag ich jedoch bis jetzt noch nicht beizubringen, wenn man dahin nicht den Umstand zählen will, dass die zweite Zellwand, und zwar nur diese, wie Stärkemehl leicht löslich is, sowohl in salpetersaurem Quecksilberoxyd als in Chlorzink. Man erhält auf diesem Wege sehr schöne Bilder der häutigen Begrenzung zweiter Zellwand und deren Verbindung mit der Cambialwandung sowohl, wie der häutigen, in den Tipfelkanälen liegenden Aussackungen des Ptychodeschlauches.

Entweder kurz vor oder gleich nach dem natürlichen Abfalle des ausgewachsenen Samens, entwickelt der centrale Zellkern einen Monophysalid in sehr eigenthümlicher Weise. Man sieht im Mittelpunkte desselben zuerst ein schwarzes Pünktchen, das in anderen Zellkernen grösser ist und sich durch die, den Luftblasen eigenthümliche Lichtbrechung als ein mit Luft erfüllter, kugeliger Raum zu erkennen giebt. Dieser Raum wird nach und nach so gross, dass er den Durchmesser des Zellkerns um das Drei- bis Vierfache vergrössert, so dass die Luftblase endlich nur noch von einer zarten Kernstoffschicht umschlossen ist (Fig. 12 a—c). Dieser mit Luft erfüllte Makrophysalid drängt die ihn umgebende, inzwischen bedeutend vermehrte Stärkekörnchenmenge nach den Seiten der Zellwand, und füllt sich dann mit einer farblosen Flüssigkeit, durch welche die Luftblase nach und nach verdrängt wird, wobei jedoch erstere von der Luft durch eine zarte Membran getrennt erscheint. Fig. 6 e zeigt die Zelle in diesem Zustande. Der ungefärbte, kugelige Raum im Mittelpunkte der Zelle hat eine grosse Zahl von Stärkekörnchen zur Seite gedrängt; in seinem unteren Theile sehen wir den Rest der Luftblase, deren Abplattung nach dem Innenraume des kugeligen Raumes das Vorhandensein einer, ihn von der Flüssigkeit trennenden Haut zu erkennen gebt, wenn letztere selbst auch „mehr erschlossen als beobachtet" genannt werden muss. Irre ich nicht, so entwickelt sich die Luftblase im Kernkörperchen (wenigstens kann ich ein solches da nicht mehr auffinden wo die Luftabsonderung begonnen hat), während es ein Kernstoffkörperchen sein mag, welches später zum Monophysalid, durch Säfteaufsaugung in gewöhnlicher Weise sich entwickelt.

Wenn der mit farbloser Flüssigkeit erfüllte Monophysalid die Luftblase gänzlich verdrängt hat, tritt eine Vergrösserung der Stärkekörnchen ein, der zu Folge der Monophysalidenraum verdrängt wird. Fig. 6 f zeigt noch Reste desselben im Mittelpunkte der Zelle, die später aber ebenfalls verschwinden. Die einzelnen Stärkekörnchen zeigen sich jetzt sehr schön als componirte Körner. Ich habe zwei derselben Fig. 9 und 10 abgebildet wie sie sich zu erkennen geben, wenn man Scheibenschnitte in Jodwasser auswäscht. Nicht allein die componirten Körner zeigen dann einen, durch Jod nicht gefärbten Saum, sondern auch jedes Theilkörnchen derselben. Nirgends habe ich eine mittlere Trennungslinie zwischen den ungefärbten Rändern der Theilkörner so deutlich gesehen als hier. Besonders lehrreich sind, nicht selten vorkommende Mehlkörnchen, an denen,

durch Druck oder Schnitt ein oder mehrere Theilkörnchen aus ihrem Fache herausgefallen sind. Fig. 10 stellt einen solchen Fall dar.

In diesem Entwickelungszustande liegen die Stärkekörnchen nicht mehr so dicht nebeneinander als dies früher der Fall war. Sie erscheinen wie in einen gemeinschaftlichen Teig gebettet, der durch Jod gelb, durch salpetersaures Quecksilber roth gefärbt wird. Mit letzterem Reagens behandelt, erhält man ziemlich genau dieselben Bilder, wie sie die Samenlappen der Phaseolen (Taf. III, Fig. 14) oder der Cerealien (Taf. IV, Fig. 23 a) liefern, in Folge einer Zwischenlagerung von kleinkörnigem Klebermehle.

Erst jetzt beginnt die Umwandlung der Stärkekörner in Kleberkörner (g) und zwar in derselben Weise, die wir schon bei Lupinus (Fig. 5 o) kennen lernten. Auch hier ist es jedes Theilkörnchen der componirten Körner, das erst am Rande, dann tiefer nach innen, durch Jod nicht mehr blau sondern braun gefärbt wird, bis endlich auch der letzte, centrale Rest an Stärkemehl verschwindet. Fig. 8 zeigt ein, in der Umbildung der Stärkekörnchen zu Kleberkörnchen stehendes, einzelnes Mehlkorn in stärkerer Vergrösserung. Bei dieser Umwandlung sind die Grenzen der Theilkörnchen nicht mehr zu erkennen, wirklich aber dennoch vorhanden, wie dies Fig. 11 zeigt. Leider habe ich versäumt in meinen Handzeichnungen zu bemerken, durch welches Mittel ich das vollständig umgewandelte, componirte Kleberkorn (Fig. 11) zur Ansicht erhielt. Die Zeichnung ist jedoch streng. Die Kleinkörnchen im Innern der gemeinschaftlichen Hüllhaut sind durch gegenseitigen Druck polyedrisch, jedes einzelne zeigt einen wandständigen Innenraum, und das ganze Grosskorn ist ohne Zweifel genetisch aequivalent den Grosskörnern von Nuphar, Arum, Agrostis etc. (Taf. I, Fig. 76—80).

Im reifen Samenkorne (h) ist eine Vereinigung der Kleinkörner zu Grosskörnern nicht mehr zu erkennen. Die isolirten Kleinkörner sind von sehr geringer Grösse, meist nicht über $^1/_{600}'''$ im Durchmesser und in der Abbildung (g), der Deutlichkeit wegen, viel grösser gezeichnet als sie in der Wirklichkeit sind. Jedes der polyedrisch gepressten Körnchen zeigt in seinem Innern einen, oft aber auch zwei oder drei Schattenringe, was auf einen noch weiter zusammengesetzten Bau hindeutet.

Im Keimungsprocesse sehen wir den Inhalt des Zellgewebes der Samenlappen dieselben Stufen der Rückbildung durchlaufen, die er bei der Hinbildung zur Reife durchlief; im Kleberkorne entsteht wieder Stärkemehl (l—n) und dies verwandelt sich wieder in Chlorophyll (o, p).

Die erste Veränderung, welche im keimenden Samenkorne sich zu erkennen giebt, besteht in dem Wiederauftreten eines Zellkerns (i), von welchem in den letzten Entwickelungszuständen des reifenden Samens (e—h) nichts mehr aufzufinden ist. Dass eine Neubildung aus formlosen Stoffen stattfinde, dagegen spricht das Verhalten des Zellkerns nicht allein, sondern auch das Verhalten der hüllhäutigen Organismen der Zellen in hundert anderen Fällen, und ich glaube daher: dass auch hier der Zellkern den Zustand der Reife als Kernkörperchen überdauert, das durch seine geringe Grösse zwischen der grossen Zahl der Kleberkörnchen sich der Beobachtung leicht entziehen kann.

Im Verlauf des Keimens verringert sich die Zahl der Körnchen wahrscheinlich durch Lösung eines Theiles derselben zu Gleis, das auch hier gleichzeitig mit dem Verschwinden des Oels auftritt. Die zurückbleibenden Körnchen gewinnen bedeutend an Grösse (k) und werden alsdann durch einen, vom centralen Zellkern aus sich entwickelnden Monophysalid in einen peripherischen Ptychoderaum gedrängt (l). Gleichzeitig hiermit beginnt die Umbildung der Kleinkörnchen jedes Kleberkorns in Stärkemehl (Fig. 6 l, m, Fig. 8) und zwar zur Zeit, wenn das Fiederchen aus den, wie bei Quercus und Corylus in der Erde zurückbleibenden Samenlappen frei wird, das Würzelchen ungefähr $^1/_2$ Zoll lang ist; sie ist vollendet wenn das Fiederchen zu einer Länge von $^1/_2$ Zoll herangewachsen, aber noch gekrümmt ist (n).

Die Umbildung des componirten Kleberkorns in das componirte Stärkekorn beginnt im Mittelpunkte jedes einzelnen Kleinkörnchens. Ein anfänglich punktförmiger, durch Jod blau gefärbter Kern vergrössert sich auf Kosten des durch Jod braun gefärbten Randes (Fig. 5 o) und nimmt endlich die ganze Masse des Kleinkorns bis auf die ungefärbte Hüllhaut ein (Fig. 9, 10), wobei eine Verflüssigung der Substanz nicht erkennbar ist.

Die Umbildung des Stärkemehls in das Klebermehl beim Reifen geschieht daher in derselben Weise und liefert dieselben Bilder wie die Rückbildung des Klebermehls in Stärkemehl beim Keimen, mit dem Unterschiede jedoch: dass beim Reifen die Umbildung am Rande des Korns beginnt, die innersten Schichten zuletzt verwandelt werden, während dies beim Keimen in umgekehrter Reihefolge geschieht.

In den meisten Zellen der Samenlappen verschwindet das Stärkemehl nach und nach, wahrscheinlich

in Folge seiner Umbildung und Lösung in Zucker, wie das ja auch bei anderen stärkehaltigen Sämereien der Fall, leider aber mikroskopisch nicht nachweisbar ist. Nur in den Randzellen der Samenlappen bildet sich aus dem Stärkemehl Chlorophyll (o, p), jedoch unter Umständen, die eine Erforschung des Vorganges sehr erschweren. Wäscht man Scheibenschnitte in Oel aus, lässt man diese 24 Stunden unter flacher Oelschicht austrocknen und giebt man alsdann dem Oele einige Tropfen Jodalkohol oder Jodäther, so erhält man Bilder, die darauf hindeuten, dass, nachdem die Kleinkörnchen sich isolirt haben, jedes derselben einen Monophysalid bildet, in dessen Ptychoderaum sich die in Chlorophyll verwandelte Stärkemehlsubstanz vertheilt (Fig. 13).

Schluss.

In der vorliegenden Arbeit habe ich darzulegen gesucht:

1. Dass im Pflanzenkörper die Zelle, der Zellkern, die Cellulosekörper, die Chlorophyllkörper, das Inulin, das Stärkemehl und das Klebermehl organisirte, hüllhäutige Gebilde seien, zu unterscheiden von allen übrigen, zwar organischen aber nicht organisirten, formlosen, der Wanderung von Zelle zu Zelle fähigen Pflanzenstoffen, die, entweder aus Rohstoffen der anorganischen Natur gebildet, zur Ernährung ersterer dienen, oder aus ihnen entstehen, theils durch Auflösung (Zucker, Gummi, Gleis, Gerbstoff etc.), theils durch Abscheidung (Oele, Harz, Wachs).

2. Dass, wie ausserhalb, so auch im Innern des Pflanzenkörpers nichts Organisirtes aus formlosen Stoffen sich bilde; dass auch hier der Organismus jeder Art, als solcher erkennbar an seiner Abgeschlossenheit durch eine lebensthätige Hüllhaut, hervorgehe aus Vermehrung vorgebildeter, durch Intussusception wachsender, organisirter Körper, theilweise verbunden mit Stoffwandlung des Inhaltes derselben, mit Formwandlung durch Selbsttheilung oder durch gegenseitige Verwachsung.

3. Dass der Ursprung jeder höher entwickelten Pflanze ein, dem Mutterkörper entstammender, im Keimsäckchen des Pflanzeneies lagernder Zellkern sei, der, individualisirt durch den Akt der Befruchtung, sich zur ersten Pflanzenzelle entwickelt, unter gleichzeitiger Regeneration seiner selbst aus dem Kernkörperchen (dem embryonischen Zellkerne), unter gleichzeitiger Regeneration des Kernkörperchens aus dessen centralem Globus (dem embryonischen Kernkörperchen); dass die erste Zelle, durch wiederholte Selbsttheilung ihres Ptychodeschlauches und ihres Zellkerns sich vermehrend, in einer unzählbaren Menge von Nachkommen zur Pflanze sich ausbildet, während die erste Zellwand der ersten Zelle im Umfange aller Zellen als Oberhaut fortwächst.

4. Dass ein, aus dem Zellkern in zweifach verschiedener Weise entstehender, zarter, doppelhäutiger Schlauch, dass der Ptychodeschlauch und dessen Inhalt (Zellkern, Ptychodesaft, Zellsaft) den wesentlichen Bestand der lebensthätigen Pflanzenzelle bilde; dass die starre Zellwand derselben nur als ein Gehäuse des Ptychodeschlauchs zu betrachten sei, nöthig zum Aufbau des Pflanzenkörpers.

5. Dass auch die, der Pflanzenzelle untergeordneten, hüllhäutigen Cellulose-, Chlorophyll-, Inulin-, Stärke- und Kleberkörper, der Pflanzenzelle ähnlich organisirt, dass sie nackte Ptychodeschläuche seien mit erstarrtem, zum Theil selbst wiederum organisirtem Inhalte.

6. Dass die starre Zellwand entstehe aus den beiden Häuten des Ptychodeschlauchs und aus den, zwischen ihnen lagernden, der Zelle untergeordneten, hüllhäutigen Cellulose-Körpern, durch gegenseitige Verwachsung letzterer zu einem, meist spiralig gewundenen Cellulosebande.

7. Dass, während der Umbildung des ersten Ptychodeschlauches in die erste Zellwand, der Zellkern durch eine beutelförmige Einstülpung der inneren Schlauchhaut in den inneren Zellraum trete, und einen neuen Ptychodeschlauch bilde, im Innern des zur Zellwand umgewandelten Schlauches, durch Entwickelung seiner Kernstoffkörper zu doppelhäutigen Saftbläschen (Makrophysalide), während ein neuer Zellkern aus dem Kernkörperchen desselben erwächst.

8. Dass durch die, auch nach vollendeter Ausbildung der Zelle fortdauernde Ernährung, Wachsthum und Thätigkeit des Zellkern, aus dessen Kernstoffkörpern hüllhäutige Gebilde sich entwickeln und in den Ptychode-

raum gelangen, die entweder zum Astathebande einer zweiten, dritten Zellwand, oder zu Chlorogen, Chlorophyll, Stärke, Inulin, Kleber sich ausbilden, theils unmittelbar, theils durch Umbildung der einen Substanz in die andere, innerhalb der unverändert bleibenden Hüllhäute.

9. Dass diese, der Zelle untergeordneten, hüllhäutigen Körper für das Pflanzenleben die Bedeutung von Reservestoffen haben, die, in reifenden Pflanzentheilen erzeugt, während periodisch eintretender Unthätigkeit des Pflanzenlebens reponirt werden, zur Ernährung der Pflanzenkeime in nachfolgenden Vegetationsperioden, während der Dauer unselbstständiger Entwickelung, bis zur Ausbildung desjenigen Zustandes, in welchem der Keim die Fähigkeit erlangt hat, Rohstoffe der anorganischen Natur nicht allein aufzunehmen, sondern auch selbstständig in Bildungssaft umzuwandeln.

10. Dass das Reifen des Samenkorns, der Knolle, Rübe, Zwiebel, des holzigen Knospenträgers mehrjähriger Pflanzen die Periode umfasse, in welcher jene Reservestoffe gebildet werden; dass das Keimen jener Pflanzentheile die Periode erneuter Lebensthätigkeit sei, in welcher die Reservestoffe zu formlosem, durch Verflüssigung der Wanderung von Zelle zu Zelle befähigtem Bildungssafte zurückschreiten.

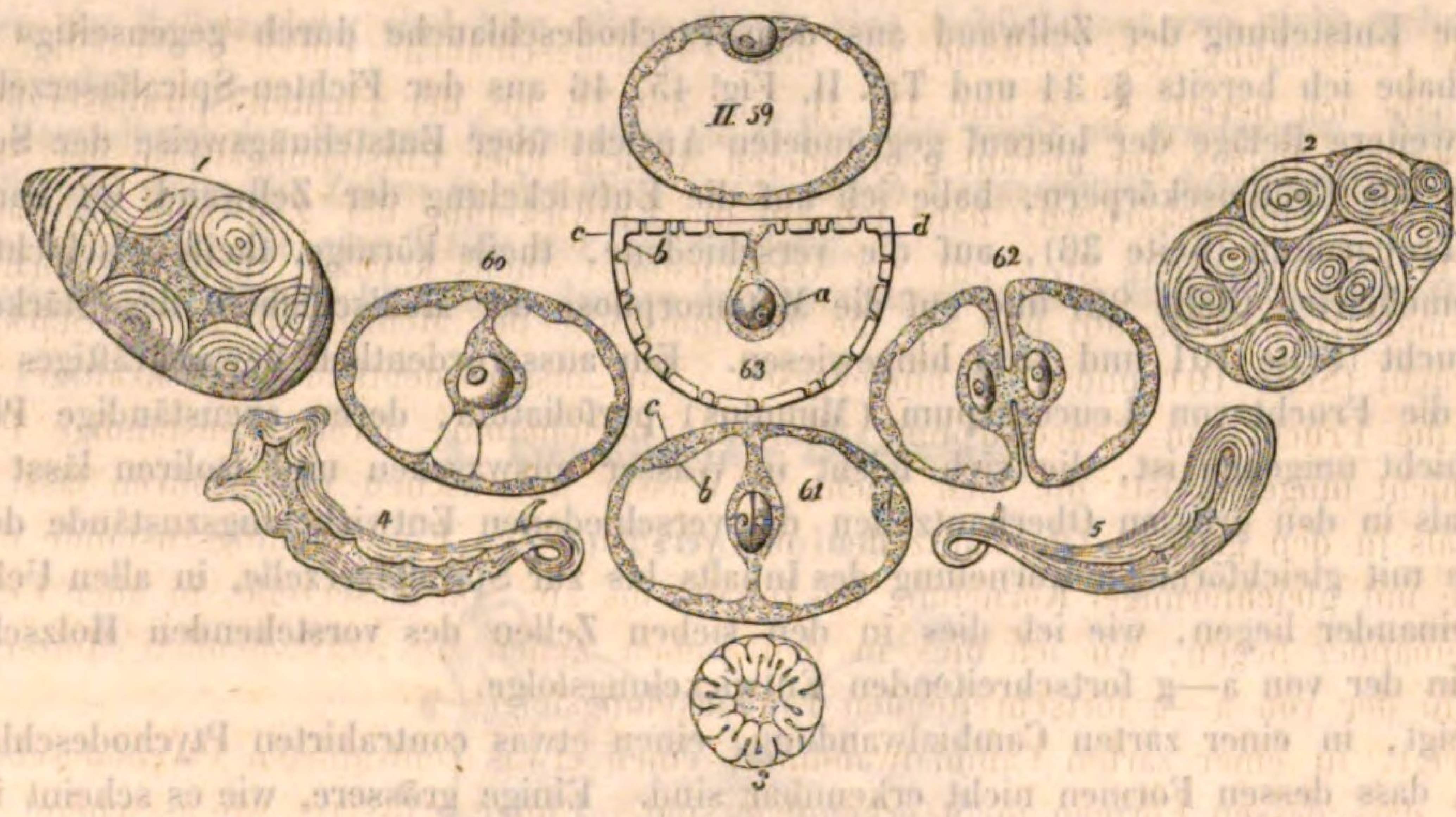
Sehet, es ruht ein Keim im mehligen Körnlein des Samens,
Klein gestaltet und zart, nicht regt noch rührt sich das Pflänzchen;
Nein, es schläft in die Wiege gebettet, und isst nicht und trinkt nicht,
Bis es die Furche bedeckt und der aufgelockerte Boden.
Aber sodann in der Erd' und in der befeuchteten Wärme
Wacht allmählig es auf aus seinem verschwiegenen Schlafe;
Reckt die Gliederchen aus und sauget am saftigen Körnlein,
Wie an der Mutter das Kind; es fehlt nur dass es noch weine!
Nach und nach wird's grösser, und heimlich auch schöner und stärker.
Schlüpft aus der Wiege heraus, und streckt ein Würzelchen abwärts
Tiefer hinein in den Grund, sich Nahrung suchend und findend.
Ja, und der Vorwitz plagt's, neugierig möchte es wissen,
Wie es nun weiter oben auch sei. — Gar heimlich und furchtsam
Guckt's aus dem Boden heraus. — Fürwahr! ich glaub', es gefällt ihm!
Und der gütige Gott schickt einen Engel hernieder:
„Bring ihm ein Tröpfchen Thau und sag' ihm freundlich Willkommen!“
Und es trinkt, es schmeckt ihm so wohl, und es streckt sich gewaltig!
Sagt: „Nicht kehr' ich zurück jetzt unter den Boden!
Nicht um Alles! Da bleib' ich und schau', zu was ich noch gut bin.“
Drauf entfaltet's die Blättchen — wer hat sie so zart ihm gewoben?
Hoch aufschiesset der Stamm — wer treibt in Zellen an Zellen
Aus den Wurzeln das Wasser hinauf zum saftigen Laube?
Wer dort braut den ernährenden Trank am sonnigen Heerde?
Himmlische Engel, wer sonst? — sie wandeln von Zelle zu Zelle,
Jegliche speisend und tränkend, in jeglicher schaffend und bildend,
Bis sie den Zweck erreicht, der jeglichem Wesen gesetzt ist.

Nach Hebel.

BEILAGEN.

I. Nachträge, Ergänzungen und Verbesserungen.

1. Abschnürung des Ptychodeschlauches und Umbildung desselben in die Zellwand.



Seite 30, §. 31 habe ich auf vier Abbildungen der II. Tafel, Fig. 59—62 verwiesen, die daselbst nicht mehr aufgenommen werden konnten, die ich daher in vorstehendem Holzschnitte mittheile. Es betreffen diese Figuren den Vorgang der Selbsttheilung des Ptychodeschlauches zu zwei Tochterschläuchen durch äquatoriale Abschnürung, wie dies Seite 30 näher erläutert. Ich habe hier aber, in Fig. 63, einen weiteren Entwickelungszustand der abgeschnürten Tochterzelle hinzugefügt.

Jede Schlauchhälfte der Fig. 62 entspricht im Wesentlichen dem Zustande Fig. 59. Wie der, in Fig. 59 wandständige Zellkern durch eine Einstülpung der inneren Schlauchhaut (Fig. 60) in den Innenraum der nackten Ptychodezelle getreten ist, so tritt der, in jeder Tochterzelle Fig. 62 wiederum wandständig gewordene Zellkern von neuem in den Innenraum und veranlasst fortgesetzte Selbsttheilung, so lange der Pflanzentheil, dem die Zelle angehört, in lebhaftem Wachsthum steht. Die Zustände Fig. 59—62 wiederholen sich in ununterbrochenem Kreislaufe unter stetem Wachsthum der Tochterzellen bis zu der, ihnen normalen Mutterzellengrösse (vergl. §. 59). Wenn die Mehrungsfähigkeit des Ptychodeschlauches durch Selbsttheilung dem Erlöschen nahe steht, findet eine letzte Einstülpung des Ptychodeschlauches statt (Fig. 63 a), die beiden Schlauchhäute (b und c) verwachsen untereinander in einer mehr oder minder grossen Zahl grösserer oder kleinerer Schlichtflächen zur Bildung der Tipfel-

kanäle, während der Inhalt des Ptychodeschlauches (d) zu den festen Schichtungslamellen des Astathebandes der nun fertigen Zellwand erwächst. Dieser Zustand der Umbildung des Ptychodeschlauches in die starre Zellwand ist es, den Fig. 63 versinnlichen soll. Aus dem Zellkerne (a) entwickelt sich ein neuer Ptychodeschlauch in der Weise, wie dies Taf. III, Fig. 3 (unten), Taf. I, Fig. 21—23, Taf. II, Fig. 21, 22 darstellt.

2. Umbildung des Ptychodeschlauches in die Spiralfaser-Wandung.



Ueber die Entstehung der Zellwand aus dem Ptychodeschlauche durch gegenseitige Verwachsung von Cellulosekörpern habe ich bereits §. 34 und Taf. II, Fig. 45, 46 aus der Fichten-Spiralfaserzelle Beobachtungen mitgetheilt. Als weitere Beläge der hierauf gegründeten Ansicht über Entstehungsweise der Schichtungslamellen des Astathebandes aus Cellulosekörpern, habe ich auf die Entwickelung der Zellwand im Samen von Clematis (Seite 34), von Tropaeolum (Seite 36), auf die verschiedene, theils körnige, theils geschichtete Struktur verschiedener Stärkemehlarten (Seite 90) und auf die Metamorphose der Mehlschichten des Stärkekorns in der reifenden Kartoffelfrucht (Seite 101 und 151) hingewiesen. Ein ausserordentlich beweiskräftiges Material liefert in dieser Richtung die Frucht von Leucocarpum (Mimulus) perfoliatum, deren axenständige Placenta von einer äussersten Zellschicht umgeben ist, die sich leicht in Wasser auswaschen und isoliren lässt und insofern von Wichtigkeit ist, als in den grossen Oberhautzellen die verschiedenen Entwickelungszustände der Zellwand, vom Ptychodeschlauche mit gleichförmiger Körnelung des Inhalts bis zur Spiralfaserzelle, in allen Uebergangsbildungen oft dicht neben einander liegen, wie ich dies in den sieben Zellen des vorstehenden Holzschnittes dargestellt habe, und zwar in der von a—g fortschreitenden Entwickelungsfolge.

Fig. a zeigt, in einer zarten Cambialwandung, einen etwas contrahirten Ptychodeschlauch mit so feinkörnigem Inhalte, dass dessen Formen nicht erkennbar sind. Einige grössere, wie es scheint im Ptychoderaume lagernde Kugeln scheinen Inulin-artiger Beschaffenheit zu sein.

Fig. b sind der gekörnelte Inhalt wie die grösseren Kugeln noch unverändert; Ersterer hat sich aber zu bandförmigen Streifen zusammengezogen, in denen auch die grösseren Kugeln lagern. Die geklärten Räume zwischen den Bändern und der Verlauf letzterer deutet entschieden schon jetzt auf spiralige Anordnung, wie dies so schön und regelmässig in den Spirogyren und Zygnämen beobachtet werden kann. Ich meine: die lichten Räume entstehen durch Verwachsung der äusseren und der inneren Schlauchhäute, wodurch der Saft des Ptychoderaums mit seinem gekörnelten Inhalte in die bandförmigen Räume gedrängt wird, in denen eine Verwachsung der beiden Schlauchhäute nicht stattgefunden hat. Dass hierbei die Strömung des Ptychodesafts mitwirkend sei, ist kaum zu bezweifeln.

Fig. c zeigt eine ähnliche, bandförmige Lagerung des festen Inhalts im Ptychoderaume wie Fig. b; der Unterschied liegt aber darin, dass die Körnchen hier viel grösser, besonders länger geworden sind und dasselbe Bild labyrinthisch ineinander geschlungener Faserkörnchen erkennen lassen, das ich bereits in den Figuren Taf. I, 76, 81, Taf. III, Fig. 19 a b, Fig. 22 b und Seite 151 in den Erläuterungen zum Holzschnitte Seite 147 besprochen habe. Die grösseren Kugeln sind in diesem Entwickelungszustande verschwunden.

Fig. d ist nur insofern verändert, als die Körnchen hier nicht mehr langgestreckt und verschlungen, sondern mehr oder weniger eiförmig abgerundet erscheinen und, bei gesteigerter Grösse, durch Schlagschatten das Vorhandensein eines Innenraums vermuthen lassen. In diesem Zustande ähneln die Körnchen sehr den Cellulosekörpern der Fichtenfaser Taf. II, Fig. 45, 46, und ich meine: dass hier wie dort das Astatheband der Zellwandung aus einer gegenseitigen Verwachsung dieser Körnchen hervorgehe. Ob Fig. d oder c als ein späterer Entwickelungszustand zu betrachten sei ist zweifelhaft. Ich habe die hier mitgetheilten Beobachtungen an reifen, vielleicht etwas vorzeitig eingeernteten Früchten vollzogen; die Untersuchung frischer Früchte in verschiedenen Reifezuständen wird hierüber nähern Aufschluss geben. Vielleicht haben wir in c und d nur verschiedene Formen ein und desselben Entwickelungszustandes vor uns.

Fig. e ist eine Zelle, in der alle Entwickelungszustände des Ptychodeschlauches zur Spiralfaserwandung vereint sind. Die Figur ist aufs strengste der Natur nachgezeichnet und verdient es Beachtung: dass in solchen, allerdings seltnen Fällen, auch der bereits fertig gebildete Theil der Spiralfaserzelle sich contrahirt und von der Cambialwandung zurückgezogen hat.

Fig. f hat innerhalb der Cambialwandung noch eine Abschnürung des Ptychodeschlauchs zu zwei Tochterschläuchen stattgefunden. Einer dieser Tochterschläuche hat sich zur Spiralzelle vollständig ausgebildet, der andere ist im primitiven Zustande des Ptychodeschlauchs zurückgeblieben, und enthält noch die grossen, kugeligen Körper. Fälle dieser Art sind nicht selten.

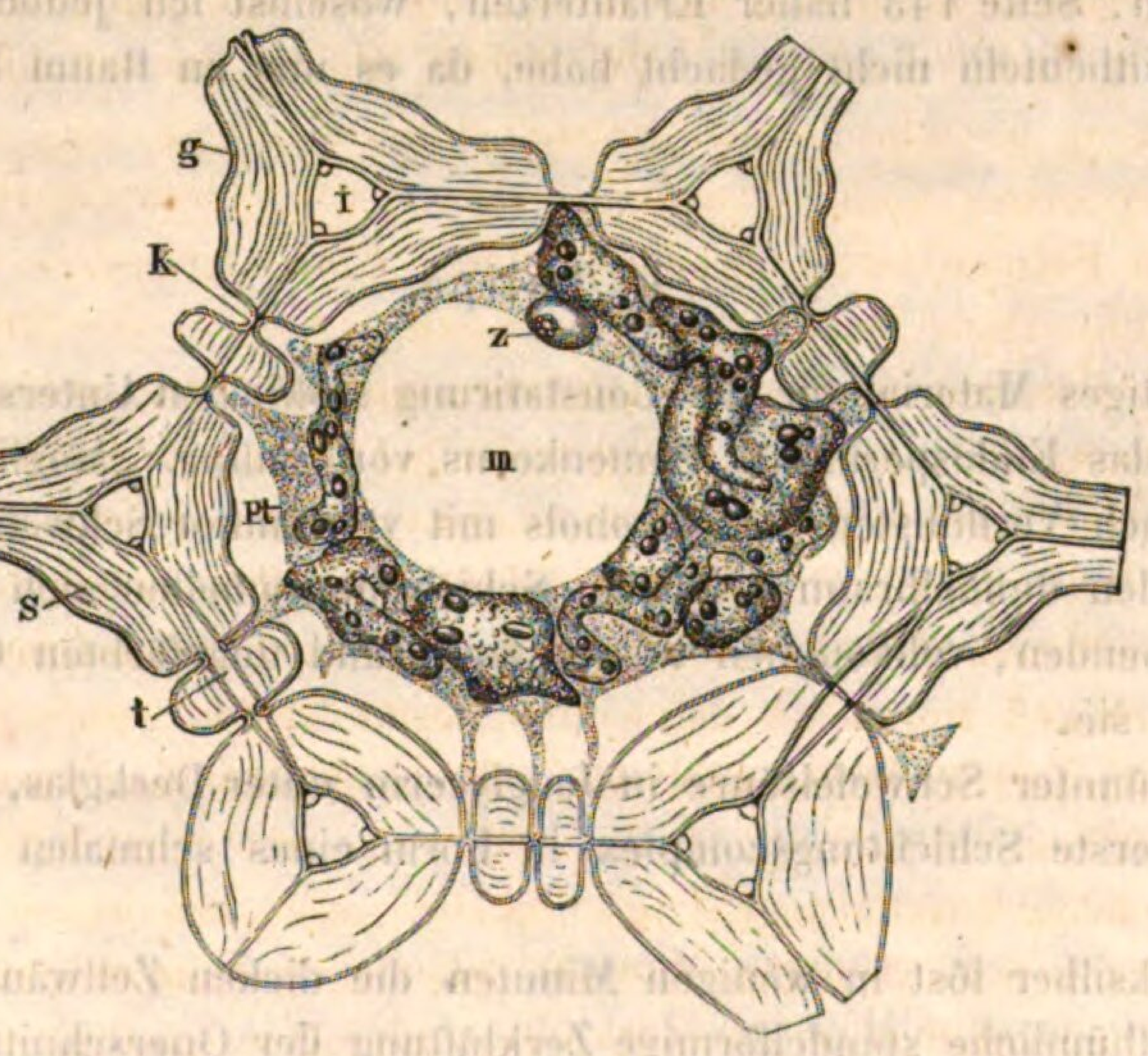
Fig. g ist eine normal entwickelte Spiralfaserzelle, in welcher die Spirale jedoch nur ungefähr $^2/_3$ der Zellwandung bildet, während $^1/_3$ derselben Tipfelräume zeigt. Es ist beachtenswerth, dass da, wo sich die Spiralwandung normal und vollständig ausgebildet hat, wie in g und dem anstossenden Theile von f, von einer Cambialwandung (die bei der abnormen Entwickelung von e noch erkennbar) keine Spur vorhanden ist. Die verdickten Spiralfäden der Zellwandung sind hier allein durch eine Schlichthaut von nicht mehr messbarer Dicke untereinander verbunden.

Um die Darstellung der fertigen Spiralzellen in Holzschnitt nicht zu erschweren, habe ich die Figuren e—g so dargestellt, als wenn die Zellen in der Mitte durch einen Längsschnitt durchschnitten wären. Man sieht in diesen Figuren daher nur die eine Hälfte der Zellwandung.

Regeneration des Ptychodeschlauchs im Innern der Spiralfaserwandung findet hier nie statt (vergl. S. 40, 41).

3. Grenzhäute der Zellwandung.

a) Tropaeolum.



Im vorstehenden Holzschnitte gebe ich nachträglich noch eine stärkere Vergrösserung der Zellendurchschnitte, die, Taf. IV, Fig. 6 f—m aus dem Samen von Tropaeolum im Zusammenhange dargestellt sind, um mit

grösserer Schärfe die Einzeltheile der Zellwandung sowohl wie des Ptychodeschlauches darlegen zu können. Wir sehen da eine flache Querscheibe aus einer einzelnen, regelmässig sechsseitigen Zelle, umgeben von den anliegenden Wandungstheilen der sechs Nachbarzellen und den sechs, die Ecken des Sechsecks einnehmenden Intercellularräumen (i). Die schmalen, von Intercellularraum zu Intercellularraum verlaufenden Doppellinien sind die Grenzen dessen, was ich die reducirte Cambialwandung genannt habe (Seite 36). Im unveränderte Zustande erscheint die Cambialwandung als eine dünne, den beiden aneinander liegenden Zellwänden zweiter Generation gemeinschaftliche Schicht und nur im Umfange der Intercellularräume erkennt man ohne Weiteres ihr Auseinandertreten zu zwei Wandungen. Dass aber auch zwischen je zwei Intercellularräumen die Cambialwandung eine doppelte sei, dass daher eine mittlere Trennungslinie auch hier vorhanden ist, wenn sie sich auch an unveränderten Scheibenschnitten der Beobachtung entzieht, das lässt sich darthun durch Behandlung der Scheibenschnitte mit salpetersaurem Quecksilber, wodurch nicht allein die Schichtungslamellen der zweiten Zellwand (s) gelockert, expandirt und endlich ganz gelöst werden, sondern auch, sehr häufig, die beiden Cambialwände auseinander treten, wie bei t angegeben ist.

Die Umgebung der oberen vier Intercellularräume zeigt die Schichtungslamellen (s) der zweiten Zellwandung, die Tipfelkanäle (k) und die innerste Grenzhaut in den unveränderten Grösse- und Formverhältnissen, während in der Umgebung der beiden unteren Intercellularräume die Schichtungslamellen durch salpetersaures Quecksilber etwas expandirt, die Tipfelkanäle dadurch comprimirt dargestellt sind. In allen diesen Zuständen der Expansion erkennt man aufs Bestimmteste, dass die Schichtungslamellen einen andern Verlauf haben als die sie einschliessenden Grenzhäute, dass sie auf die Grenzhaut des Tipfelkanals mehr oder weniger rechtwinklig aufstossen, eine Thatsache, auf die ich ein besonderes Gewicht lege, da sie den unwiderleglichsten Beweis liefert, dass die innerste Grenzhaut nicht jüngste Ablagerungsschicht sein könne. Bereits in meinen Beiträgen Taf. I, Fig. 12—14, in „Leben der Pflanzenzelle" Taf. I, Fig. 38, 41, 44, 52—54 habe ich auf diesen vielsagenden Umstand aufmerksam gemacht, ohne dass derselbe irgend welche Berücksichtigung gefunden hat.

Innerhalb der Zellwandung zeigt die Figur den Ptychodeschlauch. In den oberen Theilen der Zeichnung füllen kurze Schlaucharme auch die Tipfelkanäle aus und hängen den Wänden derselben dicht an. In den unteren, durch salpetersaures Quecksilber schwach expandirten Theilen der Figur hat sich der Ptychodeschlauch stärker contrahirt, man erkennt aber noch die fadenförmig contrahirten, abgerissenen Schlaucharme, durch welche derselbe mit den Schlichthautflächen der Zellwand verwachsen oder verkittet war. Der Zellkern im Innern des Schlauchs hat einen Monophysalid entwickelt. Zwischen letzterem und der äusseren Schlauchhaut sieht man eine Mehrzahl von Brutbeuteln, in denen auch einzelne Stärkekörnchen lagern, deren Mehrzahl bereits zu kleinen Kleberkörnchen umgebildet ist. Es entspricht dieser Zustand dem, in der Entwickelungsfolge Taf. IV, Fig. 6 e Dargestellten, Seite 143 näher Erläuterten, woselbst ich jedoch der Entwickelung der componirten Stärkekörnchen zu Brutbeuteln nicht gedacht habe, da es mir an Raum fehlte, das Sachverhältniss figürlich zu erläutern.

b) Tulipa.

Ein sehr beweiskräftiges Material für die Constatirung stofflichen Unterschiedes der Grenzhäute von den Ablagerungsschichten liefert das Endosperm des Samenkorns von Tulipa. Möglichst dünne Querschnitte daraus, mit Jodalkohol befeuchtet, nach Verdunsten des Alkohols mit verdünnter Schwefelsäure ohne Deckglas behandelt, zeigen sehr schön die, von den dunkelbraun gefärbten Schichtungslamellen sich ablösenden, nach der Mitte des Zellraums sich zusammenziehenden, vollkommen wasserklaren und ungefärbten Grenzhäute, so wie die Auskleidung der Tipfelkanäle durch sie.

Durch Wirkung verdünnter Schwefelsäure in Jodglycerin unter Deckglas, löst sich nicht die innere Grenzhaut, sondern der ganze innerste Schichtungscomplex in Form eines schmalen braunen Ringes von den älteren Wandungstheilen ab.

Salpetersaures Quecksilber löst in wenigen Minuten die dicken Zellwände farblos auf. Während dieser Zeit erkennt man eine eigenthümliche spindelförmige Zerklüftung der Querschnittfläche, wie mir scheint entsprechend den Querschnitten einer Mehrzahl, die Zellwand constituirender Astathebänder. Bald nach Einwirkung des Reagens erscheint Alles, ausser dem Ptychodeschlauche vollkommen gelöst; betrachtet man das Präparat nach

12—16 Stunden unter mindestens 400maliger Vergrösserung, so geben sich die Grenzlinien der Zellwandung wieder zu erkennen in unendlich zarten Häuten, die vom Quecksilber nicht gelöst wurden.

Auch Querscheiben aus dem, durch sehr grosse Schlichthautflächen ausgezeichneten Endosperm von Clivia nobilis und Ardisia crenulata, mit Jodglycer und dann mit Schwefelsäure behandelt, liefern in obiger Hinsicht schöne Bilder.

4. Zur Stärkemehl-Kunde.

Holzschnitt S. 147, Fig. 1—5.

Seite 86—89 habe ich die Beschreibung des Stärkemehls der Kartoffelfrucht, Taf. III, Fig. 26—32 die dazu gehörigen Abbildungen gegeben. Ueber die Veränderungen, welche dieses Mehl beim Reifen der Frucht erleidet, enthält Seite 101 und Taf. III, Fig. 21, 22 einige Angaben, die ich aus neueren Beobachtungen zu ergänzen habe.

Fig. 1 ist ein Körnchen der reifenden Kartoffelfrucht, an dessen beiden Enden die normalen Meniskenränder noch deutlich erkennbar sind. Dagegen hat sich ein grosser Innenraum gebildet — wie es scheint ausgekleidet mit einer granulirten Haut — der die, durch Jod noch deutlich blau sich färbende Mehlsubstanz in mehrere halbkugelige Portionen theilt, deren jede deutliche Schichtenbildung zeigt. In Fig. 2 haben diese Portionen sich aus ihrer Verbindung gelöst und zu kleinen, deutlich geschichteten Kügelchen umgebildet, oft mit Einschachtelung kleinerer Kügelchen. Die concentrischen Schichtungen derselben sind jetzt nicht mehr so regelmässig verlaufend als früher, wahrscheinlich durch Stoffverlust einer jeden. Die Körnchen werden jetzt durch Jodlösung nicht mehr blau sondern braun gefärbt. In diesem Zustande entspricht das Korn der, Taf. III, Fig. 22 a gegebenen Abbildung.

Hat man Früchte gefunden, in denen recht viele Mehlkörner die, Fig. 2 gezeichnete Bildung zu erkennen geben, lässt man diese in dem schleimigen Safte der Frucht auf der Objecttafel eintrocknen, so werden die Hüllhäute zerstört und die, nun im trocknen Schleime liegenden, einzelnen Kugeln der Fig. 2, lassen jetzt sehr eigenthümliche Veränderungen ihrer Struktur erkennen. Seltner findet man Kugeln in der Fig. 3 dargestellten, unzweifelhaft noch durch eine Hüllhaut zusammengehaltenen und comprimirten Schlauchform. In den meisten Fällen wird auch diese Hüllhaut zerstört, in Folge dessen deren Inhalt sich zu den, Fig. 4 und 5 dargestellten, egelförmigen Körpern von sehr constanter, nur bisweilen verästelter Form ausstreckt. In deren dicker Wandung erkennt man bei guter Beleuchtung sehr deutlich Schichtenbildung und selbst Tipfelkanal-ähnliche Durchbrechungen.

Eine höchst merkwürdige Thatsache ist es: dass die Egelkörper (4, 5), wenn man den ausgetrockneten Schleim mit Wasser wieder anfeuchtet, sich zusammenziehen und dann genau wieder das Fig. 2 dargestellte Bild der concentrisch geschichteten Kugeln liefern. Man kann dies mehreremale wiederholen, ohne dass die Fähigkeit der Formänderung verloren geht.

Diese egelförmigen Körper sind nun dasselbe, was ich Seite 101 Faserkörnchen genannt und Taf. III, Fig. 22 b abgebildet habe. Sie sind sehr wahrscheinlich dasselbe, was Taf. III, Fig. 19 a b, Taf. I, Fig. 76, 81, 82—84 abgebildet ist, und ich glaube nicht zu fehlen, wenn ich dieselben in Beziehung bringe zu den Cellulosekörpern (Taf. II, Fig. 45, 46 z), durch deren gegenseitige Verwachsung das Astatheband, dort der Zellwandung, hier der Mehlwandung entstand.

Das letzte Umbildungsprodukt der Stärkekörnchen in der völlig reifen, weichen Frucht der Kartoffel sind grosse Saftbläschen, mit allmählig sich entleerendem und verkleinertem Ptychoderaume, ähnlich den Figuren Taf. III, Fig. 8, 29, Taf. IV, Fig. 29 g, 30 k.

Von den in Fig. 1 und 2 dargestellten Veränderungen der Struktur ist in den reifen Stärkekörnern keine Spur aufzufinden; die Zerlegung derselben durch Chromsäure müsste wenigstens eine Andeutung geben. Die einzelnen Menisken treten in diesem Reagens in der, Taf. III, Fig. 32 dargestellten Weise so scharf begrenzt der Beobachtung entgegen, dass ein Missverständniss kaum möglich erscheint. Sie lassen sich durch gelinden Druck auf das Deckglas leicht isoliren und zeigen dann eine, ihrer Curve entgegengesetzte Umkippung des Randes. Dennoch finden hier Verhältnisse statt, die zur Vorsicht in den Schlüssen mahnen. Namentlich ist es der sonderbare Umstand, dass bei Behandlung des Mehls mit Chromsäure nichts

zu entdecken ist von der, sämmtliche Schichten einschliessenden, Taf. III, Fig. 30, 31 abgebildeten, Seite 87 beschriebenen Aussenschicht. Auch lässt sich die, in Wasser sowohl wie in Chromsäure eintretende Streckung der Querscheiben (Taf. III, Fig. 27, Seite 88) mit dem einfachen Aufbau des Korns aus Menisken nicht zusammenbringen. Jedenfalls finden daher noch Verhältnisse statt, die sich der Beobachtung bis jetzt entzogen haben, und da könnte es dann doch wohl sein: dass auch die, in Fig. 1 und 2 dargestellten Strukturveränderungen vorgebildete sind.

Meniskenmehl ist übrigens selten. Ausser in der Kartoffelfrucht habe ich dasselbe bis jetzt nur noch in den Bananenfrüchten (Musa paradisiaca) aufgefunden, woselbst es zum Theil in stabförmigen Körnern vorkommt, deren Länge die Dicke um das 8—10fache übersteigt.

5. Innere Selbsttheilung des Stärkemehls. (Seite 91, 100.)

Die Solanum-Arten mit stachlichem Stengel und gefiederten Blättern, aber auch Solanum nigrum, enthalten im Zellgewebe ihrer Frucht mehrfach componirtes Stärkemehl, dessen Entwickelung die fortdauernde, innere Selbsttheilung ausserordentlich scharf erkennen lässt.

Wenn die Frucht von S. Balbisii nahe am Abwerfen der Blätter steht, ungefähr die Grösse einer kleinen Erbse erreicht hat, enthalten die Zellen derselben nur einfaches, sehr kleinkörniges Stärkemehl, zum Theil noch eingeschlossen in Brutbeutel aus den Mikrophysaliden des Zellkerns. Diese jungen Mehlkörner sind in Nichts unterscheidbar von ausgewachsenem Stärkemehl sehr geringer Grösse. Einige Tage später findet man unter ihnen einzelne Mehlkörner bis $^1/_{150}'''$ herangewachsen, durch innere Selbsttheilung als Zwillinge, Drillinge, höchstens Vierlinge. Mit zunehmendem Wachsthum der Frucht mehrt sich die Zahl der componirten Grosskörner, von denen einzelne, nach ungefährer Schätzung aus 50—60 Kleinkörnern zusammengesetzt sind. Aus dem Umstande: dass die letzteren stets bedeutend kleiner sind als die Kleinkörner der Zwillings- bis Vierlingskörner unreifer Früchte, lässt sich mit ziemlicher Sicherheit entnehmen, dass die Vermehrung der Körnerzahl innerhalb der Hüllhaut desselben Grosskorns auf einer fortgesetzten, inneren Selbsttheilung der Kleinkörner beruhe.

6. Ernährung.

Zu Seite 70, Zeile 25: womit es recht gut übereinstimmt, dass das keimende Samenkorn nur Kohlensäure ausgiebt, so lange der Embryo von organischen Reservestoffen ernährt wird.

7. Saftbewegung.

Zu Seite 32, Zeile 3 von unten. Wie will man diese Hypothese vereinen mit der zur Zeit immer noch herrschenden Ansicht: dass zwischen je zwei Zellen der Säfteaustausch auf endosmotischer Eigenschaft der Zellmembranen beruhe?

8. Einbesserungen.

Seite 26, Zeile 24 liess: Taf. II, Fig. 43 a b.
„ 26, „ 48 liess: Taf. II, Fig. 40.
„ 35, „ 33 liess: Taf. II, Fig. 44.
„ 52, „ 28 ist „§. 52“ einen Satz tiefer zu stellen.
„ 55, „ 7 und 35; ferner
„ 56, „ 4 von unten, ist die Nummer der §§. 55—57 nachzutragen.
„ 59, „ 9 anstatt Moment liess: Vorgang.
„ 60, „ 3 von oben, anstatt Taf. II liess Taf. I.
„ 87, „ 5 von unten liess: Taf. II, Fig. 53—58.

II. Reagentien-Verzeichniss.

Die in dieser Schrift niedergelegten Beobachtungen sind grösserentheils gewonnen durch Anwendung verschiedenartiger Reagentien auf die untersuchten Gegenstände. Darf ich voraussetzen, dass manche, vielleicht viele ihrer Leser meine Mittheilungen mikroskopisch zu verfolgen geneigt sein werden, so dürfte es gerechtfertigt erscheinen, wenn ich in Nachfolgendem derjenigen Hülfsmittel und ihrer Darstellung erwähne, deren ich selbst mich bei meinen Arbeiten mit Erfolg bediene. Ich habe dieselben nach den Objecten geordnet, auf welche sie Anwendung finden.

1. Die Zellwandung.

Zur Beurtheilung der Zellenform und Zellengrösse genügen nicht immer Längen- und Querschnitte des Zellgewebes; eine Isolirung der Zellen ist dazu häufig nöthig. Man bewirkt dieselbe am raschesten durch das Schulze'sche Macerationsverfahren, indem man kleine Stückchen des zu prüfenden Zellgewebes mit ungefähr gleichen Volumtheilen chlorsaurem Kali mengt und, in einem Kochröhrchen mit concentrirter Salpetersäure übergossen, über der Spirituslampe zum Kochen erwärmt, bis die Zellen sich lösen, worauf sie mit Wasser ausgewaschen werden. Diese Isolirungsmethode ist jedoch nur für die Formenkunde anwendbar, da ausser der starren Zellwandung alle anderen Zellenbestandtheile theils zerstört, theils aufgelöst werden.

Für weiche Pflanzentheile leistet die Maceration durch anhaltendes Kochen bessere Dienste. Ich bediene mich hierzu eines blechernen, gut verzinnten Kochgeschirres, dessen gut schliessendem Deckel eine 4 Fuss lange Glasröhre in schräger Richtung eingelöthet ist. Die Glasröhre gewährt den Vortheil, dass man die Objecte beliebig lange Zeit kochen kann, da die in der Röhre sich verdichtenden Wasserdämpfe in das Gefäss zurückfliessen. Ohne Beaufsichtigung kann der Apparat wochenlang auf der Ofen- oder Heerdplatte stehen und jede, zu anderen Zwecken stattfindende Erwärmung derselben kann benutzt werden.

Künstliche Frostmischungen sind ein gutes Mittel, das Zellgewebe reifender oder keimender Sämereien in seine Einzeltheile zu zerlegen. Ich bediene mich in der Regel einer Mengung von gepulvertem Glaubersalz mit Salzsäure, in der eine Kälte von — 12° ohne besondere Vorrichtungen auch bei höherer Sommerwärme leicht zu erzeugen ist. Der Same wird in einem Probierröhrchen mit dünner Glaswand so lange in der Frostmischung gelassen, bis die Temperatur derselben über 0° gestiegen ist.

Für Untersuchungen der Strukturverhältnisse gewöhnlicher Cellulose-Wandungen ist eine mehr oder weniger verdünnte Schwefelsäure das beste Reagens. Eine Mengung von 5½ Volumtheilen englische Säure mit 4 Volumtheilen Wasser ist zur Expansion der Holz- oder Bastzellen die geeignete Verdünnung. Bei sehr alten Holz- und Bastfasern, Korkzellen etc. muss diese durch Zusatz von Säure verstärkt, bei sehr jungem Zellgewebe muss sie durch Wasserzusatz geschwächt werden. Die zu untersuchenden Längs- oder Querschnitte werden auf der Objectplatte mit Jodalkohol benetzt, nach völliger Verdunstung des Alkohols mit einem Deckglase bedeckt und die Säure tropfenweis in so geringen Mengen an den Rand des Deckglases auf die Objectplatte gegeben, dass nur ein Theil des Objects von der einziehenden Säure benetzt wird. Man erhält dann alle Grade der Säurewirkung gleichzeitig zur Ansicht. Unter zunehmender Aufquellung der Schichtungslamellen des Astathebandes färben sich diese dann blau, während die äussere und innere Grenzhaut der Zellwandung, die Auskleidung der Tipfelkanäle und die Häute der Ptychodeschläuche, wo solche vorhanden sind, durch braune Färbung der adhärirenden Substanzen deutlich hervortritt. Wendet man dies Reagens auf isolirte Holzfasern an (die man am leichtesten aus weissfaulem [Eichen- oder Kiefern-] Holze erhält oder von frischen Spaltflächen sammelt), um eine Auflösung des Astathebandes in seine Windungen herzustellen, dann sende man der Schwefelsäure einen Tropfen absoluten Alkohols voran (S. 43, 44).

Zur Unterscheidung verschiedener Schichtungscomplexe der Zellwand leistet mit Wasser übersättigte Schwefelsäure in vielen Fällen gute Dienste (Seite 35).

Frisch bereitete, concentrirte Chlorzinklösung ist ebenfalls ein treffliches Mittel die Zellwandung zu lockern und deren nähere Strukturverhältnisse zur Anschauung zu bringen (Seite 42). Ebenso Aether, angewendet auf Schiessfasern (vergl. Ueber Bestand und Wirkung der explosiven Baumwolle, Braunschweig 1847, Oehme und Müller — Zerlegung der Baumwolle in Primitivfasern und Primitivkügelchen).

Salpetersaures Quecksilberoxydoxydul zeigt die Windungen des Astathebandes in ausgezeichneter Weise, wenn man die Haare von der Spitze enthülster Getraidekörner (am besten des Haferkorns) einige Stunden in der Lösung liegen lässt. Man bereitet dieses, auch in anderer Hinsicht ausgezeichnete Reagens, indem man Quecksilber in gleichen Gewichttheilen concentrirter, rauchender Salpetersäure auflöst, die Lösung dann mit gleichen Volumtheilen Wasser mengt; oder, indem man 1 Theil Quecksilber in 2 Theilen einer 4½ Aequiv. Wasser enthaltenden Salpetersäure auflöst. *)

Zellwandungen besonderer Art erfordern besondere Reagentien. Für die Untersuchung der Gerbzellenwandung ist eine Mengung von Eisenchlorid und Chlorzink zu gleichen Volumtheilen, für die Schleimzellen der Linde, Rüster etc. eine Mengung von Chlorzink und Jodalkohol, für die Zellwandung im Stengel und Blattstiele mehrerer Umbelliferen ist eine Lösung von Jod in Glycerin, für die Zellwände des Gummi-Traganth ist Karminlösung unentbehrlich (Seite 38, 39). Letztere bereitet man, indem käuflicher Karmin mit Wasser angerührt, dann tropfenweise so viel Ammoniakflüssigkeit zugesetzt wird, bis vollständige Lösung erfolgt ist. Die Lösung wird darauf filtrirt und bei sehr gelinder Wärme bis zur Trockne abgedampft. So zubereitetes Karmin-Ammoniak löst sich in Wasser auf, und erhält sich Jahre lang auch als wässrige Lösung unzersetzt.

2. Der Ptychodeschlauch.

Bei Behandlung von Scheibenschnitten lebender Pflanzen mit Alkohol, Zuckerwasser, Jodwasser etc. löst sich ein schlauchartiger Körper von der Zellwand ab und zieht sich nach dem Mittelpunkte der Zelle hin zusammen; es tritt dies aber auch ein ohne alle fremde Mitwirkung, wenn die Zelle aus irgend einem Grunde abstirbt, oder in Scheibenschnitten einige Zeit im Wasser liegt. Die braune Farbe, welche Jodlösung dem Schlauche ertheilt, gehört nicht diesem, sondern ihm adhärirenden Substanzen an. Dass letzterer selbst von Jod nicht gefärbt wird, davon überzeugt man sich am leichtesten an Heracleum (Seite 38, 39). Aber auch die Scheibenschnitte aus dem reifen Samenkorne vieler Pflanzen, z. B. der Lupine, auf einem Filter mit der Spritzflasche wiederholt ausgewaschen, zeigen recht deutlich die, oft unverletzt isolirte, durch Jodlösung sich nicht färbende, unter Einwirkung von Schwefelsäure in ihren räumlichen Verhältnissen sich nicht verändernde, äussere Schlauchhaut.

Ein vortreffliches Hülfsmittel für Ptychodeschlauchstudien ist salpetersaures Quecksilberoxydoxydul, angewendet auf zarte Scheibenschnitte solcher Sämereien, z. B. Tropaeolum, deren Zellstoff von diesem Reagens aufgelöst wird, während der Ptychodeschlauch sowohl, wie die Grenzhäute der Zellwand ungelöst bleiben.

Die Hüllhäute des Zellkerns, des Stärkemehls, des Klebermehls sind von den Häuten des Ptychodeschlauches stofflich wie optisch nicht verschieden. Salpetersaures Quecksilberoxydul lässt die Hüllhäute überhaupt unverändert und ungefärbt, während dies Reagens das Stärkemehl auflöst, das Klebermehl roth färbt.

Isolirte Ptychodeschläuche bietet der Saft reifer Kirschen, Tollkirschen, der reifen Früchte von Solanum nigrum, Phytolacca, Paris, Passiflora etc. in ausgezeichneter Weise dem Beobachter dar (Leben der Pflanzenzelle Taf. I, Fig. 1—9).

3. Der Zellkern.

Es besitzt derselbe die Eigenschaft einer ungewöhnlich raschen Aufspeicherung in Flüssigkeiten seiner Umgebung aufgelöster Stoffe. Man kann ihn dadurch zur scharfen Unterscheidung von allen übrigen Körpern

*) Da dieses Salz nur bei einem Ueberschuss freier Säure sich in Lösung erhält, freie Salpetersäure aber die Objective angreifen würde, so darf das Reagens bei starker Vergrösserung nur unter breiten Deckgläsern in Anwendung kommen. Man erhält solche Deckgläser

100 Stück von 18 Mm. Seite für 1 Fl. 12 Kr.
100 Stück von 10 Mm. Seite für 20 Kr.

beim Glasermeister Vogel in Giesen.

der Zelle hervorheben, wenn man ihn in Berührung mit Farbstofflösungen bringt, in denen er durch Intussusception sehr rasch eine viel dunklere Färbung erhält als die der umgebenden Flüssigkeit (Seite 6). Die Bereitung des Karmin-Ammoniak habe ich bereits vorstehend angegeben. Ueber die Wirkung der Karminlösung auf die Hüllhaut des Zellkerns S. Seite 7, §. 9. Isolirte Zellkerne färben sich sofort, die lebendige, unverletzte Zelle hingegen nimmt erst nach einiger Zeit den Farbstoff auf. Man beschleunigt dieselbe durch vorhergehende Anfeuchtung der Scheibenschnitte mit geringen Mengen einer schwachen wässrigen Jodlösung.

Wo man, aus irgend einem Grunde, wässrige Farbstofflösungen mit dem Zellkerne und der Zelle nicht in Berührung bringen will, da leistet Chromsäure, mit sechs Theilen Wasser verdünnt, oft gute Dienste. Beachtenswerth ist die Wirkung dieses Reagens auf Milchsäfte, unentbehrlich ist es bei Stärkemehl-Studien. Man bereitet das Reagens, indem man chromsaurem Kali so viel Schwefelsäure zusetzt, als erforderlich ist das Kali in schwefelsaures Kali umzuwandeln, dessen Scheidung von der Chromsäure nicht nöthig ist.

Das ausgezeichnetste Material für Zellkern-Studien liefert das Endosperm der Cucurbitaceen, der Phaseolen, Viciaceen und die Oberhautzellen an der Basis junger Blätter der Liliaceen, Amaryllideen und Asphodeleen.

4. Das Chlorophyllkorn.

Es bedarf zu seiner Unterscheidung keines Reagens, da es durch seine natürlich grüne, nur in Fruchtsäften oft rothe, blaue, gelbe Farbe sich leicht und sicher zu erkennen giebt. Für die Zergliederung fehlen uns bis jetzt noch die nöthigen Reagentien, wie denn überhaupt die Kenntniss des Chlorophyll und der physiologischen Bedeutung desselben eine noch sehr beschränkte ist. Wo eine Umbildung des Trägers in Stärkemehl bereits begonnen hat, da leistet salpetersaures Quecksilberoxydoxydul gute Dienste, indem es den Stärkemehlkern auflöst und den Chlorophyllkörper in Bläschenform zurücklässt, an dessen Rändern der unveränderte Grünstoff, wie es scheint zwischen zwei Hüllhäuten lagert (Sedum acre, Thelephium etc.).

5. Das Stärkemehlkorn.

Es wird durch jede Art von Jodlösung blau gefärbt und dadurch, selbst bei einer Grösse von weniger als $^1/_{1000}'''$ noch als solches erkennbar. Wasser löst nur wenig Jod auf. Man verstärkt daher für manche Zwecke die wässrige Lösung durch Zusatz geringer Mengen von Jodkalium, Jodalkohol oder Jodglycer. Will man Stärkemehl färben unter Umständen, die eine Berührung des Objects mit Wasser verbieten, so bedient man sich der Lösung von Jod in Alkohol, in Aether oder Glycerin, in denen sich krystallisches Jod leicht und in grossen Mengen auflöst. In Jodalkohol und Jodäther färbt sich das Mehl erst nach Verdunsten der Flüssigkeit; Jodglycer bietet den grossen Vortheil einer sehr langsam fortschreitenden Färbung, die eine Beobachtung der Strukturverhältnisse gestattet, ehe noch die Farbe zu dunkel geworden ist.

Die Erscheinungen der Expansion und der Lösung des Stärkemehls bringt man am besten zur Anschauung, wenn man dasselbe mit Jodalkohol netzt, dann unter Deckglas Alkohol in reichlicher Menge zugiebt, und, vom Rande des Deckglases aus, geringe Mengen verdünnter Schwefelsäure mit dem Alkohol sich mengen lässt. Auch die, wie vorstehend vereinte Wirkung von Alkohol und Aetzkali, von Schwefelsäure und Ammoniak, von Jodglycer und Schwefelsäure leisten in vielen Fällen treffliche Dienste. Salpetersaures Quecksilberoxydoxydul löst das Stärkemehl farblos auf und entzieht es der Beobachtung, während die Hüllhäute, wo solche im Umfange des Mehlkorns sich erhalten haben, ungelöst bleiben, wie das z. B. der Fall ist am Stärkemehle der Muskatnuss, des Loranthus, des Milchsafts der Euphorbien. In einer, der Beobachtung sehr günstigen Weise mässigt man die Wirkung des Reagens auf das Stärkemehl, wenn man letzteres unter Deckglas in Glycer bringt und dann erst das salpetersaure Quecksilber, vom Rande des Deckglases aus, mit dem Glycer sich mengen lässt.

Ein vorzügliches Mittel der Zerlegung des Stärkemehls in seine Einzeltheile ist Chromsäure (S. sub 3). Angewendet auf das Stärkemehl der Kartoffelfrucht, erlangt man auf einfachem Wege das Auseinandertreten der einzelnen, untereinander verbundenen Menisken, wie ich dies Seite 88 beschrieben und Taf. III, Fig. 32 abgebildet habe.

Ueber Herstellung dünner Scheibenschnitte aus Mehlkörnern Seite 87. Ueber die Anwendung der Wärme Seite 88.

6. Das Klebermehlkorn

erhält sich unverändert in Oel, Alkohol und Aether. Jedes fette Oel ist geeignet nicht allein zur Untersuchung, sondern auch zur Aufbewahrung der Objecte. Auch in concentrirter Zuckerlösung und in Glycer erhält sich dieses Mehl einige Zeit unverändert. Jodglycer dient besonders zur Färbung. Vereinte Wirkung von Chlorcalcium und Jodalkohol leistet bei Untersuchung jugendlicher Zustände gute Dienste. Die krystallinische Natur reifen Klebermehls prüft man am leichtesten dadurch: dass man dünne Scheibenschnitte aus reifem Samen auf die Oberfläche eines gewölbten Tropfens Jodwasser legt. Man sieht dann, vom Scheibenschnitte aus, Oel auf die freie Oberfläche des Wassertropfens sich verbreiten und die vom Oele mitgerissenen Kleberkörnchen in kleinere Krystalle zerfallen (Seite 115). Die in Wasser schwer löslichen Klebermehlarten vieler Gräser, des Sparganium, Carex, Scirpus, Myristica liefern auch mit wässriger Jodlösung gute Bilder. Das wichtigste Reagens ist aber salpetersaures Quecksilber, dessen Bereitung ich ad 1 angegeben habe. Es färbt den Inhalt des Mehlkorns ziegelroth und lässt die Hüllhaut ungefärbt.

Einiger anderer, weniger häufig in Anwendung tretender, keiner besonderen Zubereitung bedürfender Reagentien, so wie der Darstellungsweise mikroskopisch reinen Klebermehls habe ich betreffenden Orts im Texte gedacht (§. 94).

Scheibenschnitte aus gröberem Klebermehl lassen sich oft schon recht gut aus trocknem, hartem Samen gewinnen. Wo die Körner lose im Zellgewebe liegen, da muss man das isolirte Mehl mit einer Auflösung von Schellack in Aether zu einem steifen Brei kneten und nach Austrocknen desselben die Scheibenschnitte in Aether unter Deckglas auflösen.

Für die Untersuchung des Ptychodesafts ist Chlorzinklösung, für Untersuchungen des Zellsafts ist absoluter Alkohol und Ammoniak in manchen Fällen empfehlenswerth.

Die vorstehende Zusammenstellung habe ich für um so nöthiger gehalten, als es nicht zu leugnen ist, dass die chemisch-mikroskopische Untersuchungsmethode, wenn auch gegenwärtig als zweckmässig und erfolgreich anerkannt, dennoch viel zu wenig in Gebrauch ist. Was dieselbe leistet, das mögen die leicht zu verfolgenden, in den §§. 36—39 mitgetheilten Experimente mit dem Traganth-Gummi, mit den Zellen von Heracleum, Tussilago, Tropaeolum, mit den Gerbzellen von Rosa, Rubus, Quercus, mit den Schleimzellen von Tilia und Ulmus, mit den Staubfädenhaaren der Tradescantia (§. 27), mit den Haaren des Haferkorns (§. 82) darthun, Paradepferde meiner Zellenlehre, aus deren, nach der gegebenen Anleitung leichter Prüfung, der Leser dasjenige Vertrauen schöpfen möge, dessen er bedürfen wird zur Beachtung einer Arbeit, deren Resultate mit den Ansichten der ersten Autoritäten im Bereiche der Pflanzen-Anatomie und Physiologie so vielfältig im Widerspruche stehen.

III. Namen- und Sach-Register.

Die Erklärung der nachstehend aufgeführten, wissenschaftlichen Namen findet sich auf den, hinter denselben bezeichneten Seiten des Textes. Wo mehrere Seitennummern angegeben sind, beziehen sich dieselben auf weitere Mittheilungen über denselben Gegenstand; ich habe in diesen Fällen diejenige Seite, die eine vollständige Erklärung des Ausdrucks enthält, mit fetter Schrift kennbar gemacht.

Ablagerungsschichten, Ablagerungslamellen 35. **41—43**. 44. 150.
Abschnürung des Zellkerns 4.
Abschnürung des Ptychodeschlauchs 4 22. **30**. 58. **147**.
Albumen 54.
Albumin 112.
Aleuron **108**. 111. 113. 116. 125. (S. Klebermehl.)
Aleuronkern 111. **114**. **115**.
Aleuronkrystall 111. **114**. 116.
Aleurontropfen **126**. 131. 133.
Amid 101. **128**.
Amygdalin 129.
Amyloidzelle 44. 68. (Wandungsstoff einiger Sämereien, der schon durch wässrige Jodlösung wie Stärkemehl blau gefärbt wird.)
Amylon 83. (S. Stärkemehl.)
Asparagin 101. **128**.
Assimilation (Umwandlung der rohen Nahrungsstoffe in Bildungsstoffe) 69.
Astatheband der Zellwandung VI. 2. 3. 41—**43**. **149**. 150.
— — des Stärkemehls **86**. 88. 151.
Aufnahme von Rohstoffen 25.
Aufspeicherung der Reservestoffe 67.
Ausfaltung 10. 92.
Aussenhaut des Ptychodeschlauchs s. Ptychoide.
Ausstülpung der inneren Schlauchhaut 92.

Befruchtung **49**. 63.
Bewegung des Pflanzensafts 25. **75**.
— — des Ptychodesafts 25. 29.
Bildungssaft V. **69**. 74—76.
Bildungsstoff (formloser) 5.
Blattgrün (Chlorophyll) 79.
Blüthe 49.
Bluten der Holzpflanzen 73.
Bodennahrung 74.
Brachyblast: Seitenknospen (z. B. der Lärche, der Buche etc.), die alljährlich nur sehr kurze Längentriebe, aber ausgebildete Blätter, oft auch Blüthen entwickeln, eine höhere Entwickelungsstufe der Präventivknospen oder schlafenden Augen 68.
Brutbeutel 12. 51. 53. **54**. 61. 104. 136. 141. 143. 150.

Cambialwandung 3. **33**. 34. 46. 142. 148. 149. 150.
Cambialzellen 40.
Cambium V. **68**. 69.
Cellulose (Wandungsstoff der Zelle) 21. **44**.
Cellulosekörper 2. 3. 7. **34**. **148**.
Celluloseschichten (Schichtungslamellen des Astathebandes) **41**. 42. 43.
Cellulosewandung 2. **3**. 41. 68.
Chlorogen (Kernstoff) 6. **7**. 11. 78. **79**. **81**. 105.
Chlorophyll (Blattgrün) 12. **79** - 82.
Collenchym (dickwandiges Zellgewebe zwischen Oberhaut und grüner Rinde) 37.
Collodium 45.
Contraction des Ptychodeschlauches 11. 21. **25**. 149.
Correspondenz der Tipfelkanäle 27.
Copulation der Ptychodeschläuche 26.
Cuticula (Oberhaut), eine die äussersten Zellenlagen aller jungen Pflanzentheile bekleidende Zellwandung 46.
Cytoblastem gleich Protoblasma V.
Cytoblastus (Zellkern) 1. **6**. 18.

Dextrin (Stärkegummi) 101. **125**.
Diastase 101. **125**.
Diffusion (Vertheilung der, durch die Hüllhaut des Zellkerns zusammengehaltenen Körper in den erweiterten Brutbeutel oder in den Ptychoderaum 9. 14. 18. 77. **102**.
Doppelhäutigkeit (Duplicatur) des Ptychodeschlauchs **VI**. 31. 32.

Egelförmige Körper des Stärkemehls **151**.
Ei (Pflanzenei) 49. 50.
Eihäute 50.
Einfaltung der Ablagerungsschichten 59.
Einschachtelung der Zellwände 3.
— — des Kernkörperchens 10.
Einschlüsse (des Klebermehls) 110. **116**.
Einstülpung des Ptychodeschlauchs 3. 21. **57**. **147**.
— — des Klebermehlkorns 113.
— — des Stärkemehlkorns 89. **94**.
— — der Innenhaut des Keimsäckchens 51. **52**. 53.
Eiweiss 67. 73. 74. **108**.
Embryo (Keim) **61**. 63.
Embryosack (Keimsäckchen) 50.
Emulsion 108.
Endosperm **54**. 67. 78.
Endospermzellen 47. 52. **55**—57.
Entstehung organisirter Körper 4.

Ernährung III. 6. 25. 60. 69. **74.** 152.
Eustathe (Zellwandungskitt) 36. **46.**

Faltenhaut (Ptychode) 1.
Farbenspeicherung **6.** 25. 56.
Faserbildung 22.
Faserbündel 22.
Faserkörnchen des Stärkemehls **101.** 148. 151.
— — des Zellkerns 61.
Faserzellen 22.
Fibrin (Pflanzenfibrin) 112.
Fovilla 49.
Frostwirkung 72.
Fruchtknoten 49.
Füllkörner 109.
Furchung 8.

Genesis (Entstehung) der Zellentheile 13. 55. **60** 65.
Gerbstoff 67. 73. **102.** 103.
Gerbzellen **38.** 68.
Gitterzelle 27.
Gleis 67. 73. 74. **126.** 129.
Gleiskrystalle **127.** 128.
Gliadin 112.
Globus (des Kernkörperchens) **8.** 54—56. 99. 100.
Grenzhäute (der Zellwandung) **41.** 45. 150.
Grosskörner (des Stärkemehls) 90. **91.** 99. 152.
Grünfarbbläschen (Chlorophyllbläschen) 1. **79.**
Gummi 73.
Gummizelle **39.** 68.

Hälter 23.
Harze 68.
Hautstoff (Ptychodin) der Zellhäute **45.** 69. 150.
— — des Ptychodeschlauchs 24.
— — des Zellkerns 6. **7.**
— — des Stärkemehls 85.
— — des Klebermehls 112.
Holzringbildung 75.
Holzröhren 22.
Hüllhaut des Zellkerns 6. **7.** 104.
— — der Kernstoffkörper **7.** 77.
— — des Stärkemehls **85.** 99.
— — des Klebermehls 112.

Inhalt des Ptychodeschlauchs 28.
Inkrustirende Materie 41. **46.**
Innenhaut des Ptychodeschlauchs s. Ptychode.
Innenraum der Zelle (Zellraum) **1.** 2. 21. 30. 60. 61.
— — des Stärkemehls 84. 91. **94.** 151.
— — des Klebermehls 111. 113.
Intercellular-Kitt (Eustathe) 46.
Intercellular-Räume **23.** 142. 150.
Intercellular-Schläuche **37.**
Intercellular-Substanz 46.
Intercellular-Zellen 37.
Intracellular-Kanäle 2. 12—14. (**13** sub 3.)
Intracellular-Zellen (bestehend aus den, im Innern der Zellen um den centralen Zellkern gelagerten Makrophysaliden) **13.** 58.

Intussusception (Stoffspeicherung) **6.** 25. 76.
Inulin 67. **117.**

Käsestoff 108. **112.**
Keim 51. **61.** 63.
Keimöffnung 50.
Keimsäckchen 50.
Keimung 72. **76.** 100.
Kern (des Stärkemehls) 86. **94.**
Kernbildung (des Holzkörpers) 46.
Kernholz 46.
Kernkörperchen (des Zellkerns) 2. 5. 6. **8.** 20. 54—56.
Kernkörperchentheilung **16.** 54—56.
Kernstoff **6.** 7. 56. 76.
Kernstoffkörperchen (des Zellkerns) 2. 3. 5. **7.** 11. 76. 77. 105.
Kernwarze (des Pflanzeneies) 50.
Kleber (Pflanzenfibrin) 112.
Klebermehl (Aleuron) 1. 12. 68. **108.** 114—119.
Kleinkörner (des Stärkemehls) 90. **91.** 99.
Kranzkörperchen (kranzförmiges Kernkörperchen des Zellkerns) **8.** 54—56.
— — (des Klebermehls) 110. 116. **117.** 133. 136.
Krystalloide (des Klebermehls) 110. **116**—119. 139.

Lebenskraft 71.
Legumin 108. **112.**
Licht — Nothwendigkeit desselben beim Assimilationsprocesse **70.** 104.
Lichtpflanzen 70.
Luftlücken 23.
Luftnahrung 74.

Magazin der Reservestoffe 67.
Makrophysalid 2. **12.** 47. 83.
Mannit **29.** 67. 74.
Markstrahlen **23.** 27.
Materie, inkrustirende **41.** **46.**
Meniskenform (der Stärkeschichten) 86. **88.** 151.
Metacard (Zellkern) 19.
Metamorphose (der Reservestoffe) 72. **76.**
Mikrophysalid 2. **11.** 55. 61. 76. 79. 82. 98.
Mikropyle 50.
Milchsäfte 68. **96.** 98.
Mittelkörner **91.** 99.
Monophysalid 2. **11.** 47. 61. 99.
Mutterschlauch, Mutterzelle 1. **30.** 22. 56—59.

Nachtpflanzen 70.
Nahrungssaft V. 69.
Nucleolus (Kernkörperchen) 6.
Nucleus (Zellkern) 1. **6.**

Oberhaut 1. **46.** 56.
Oel 67. **68.** 74. 108. 135. 140.
Ortsveränderung des Zellkerns 17.

Parenchym **22.** 26. 27.
Parthenogenesis **49.** 63.
'ellicula 79.

Perforation 117.
Perisperm **54.** 67.
Permanenz der Häute des Ptychodeschlauchs als Grenzhäute der Zellwand 33.
Pflanzenei 49. **50.**
Pflanzeneiweiss **108.** 112.
Pflanzenfibrin (Kleber) 112.
Pflanzenleim **108.** 112.
Phosphor **112.** 119.
Physalide (Saftbläschen) 10.
Physalideraum 2.
Physalidesaft 2. 10. **12.** 13.
Pile (des Stärkemehls) 91.
Plasma 69.
Pollenkorn (Blumenstaub) **49.** 95. 142.
Pollenschlauch (Schläuche des Blumenstaubs) **49.** 95.
Polyembryonie (Erzeugung mehrerer Keime in demselben Samenkorne, wo diese als normaler Bildungsvorgang besteht) 63.
Poren der Zellwand, (es werden häufig auch verdünnte Stellen der Zellwand [Tipfel] mit diesem Namen bezeichnet) 21.
Primäre Zellwand 35.
Primitiv-Faser 45.
Primordialschlauch: gleich Ptychodeschlauch VI.
Prosenchym (Faserzellen des Holzkörpers und der dickwandigen Bastbündel **23.** 26. 27.
Protein 68.
Proteinferment 125.
Proteinkörper **68.** 112.
Protoplasma V. 5. 28. 31. 41. **69.** 79.
Ptychode (Innenhaut) des Ptychodeschlauchs **1.** 11. 19. 45.
— — der Zellwandung **3.** 41. 45.
— — des Chlorophyllbläschens 12.
— — des Stärkemehls 85.
— — des Klebermehls **111.** 112.
— — der Saftbläschen **12.** 45.
Ptychoderaum 1. **21.**
— — des Keimsäckchens 50.
Ptychodesaft **1.** **10.** 19. 21. 25. 28—30. 69. 76.
Ptychodeschlauch V. **1.** 2. 3. 4. 11. **21.** 23—27. 50. 56. 60. 132. 138. 142. 150.
— — Entstehung desselben aus einem Monophysalid 11.
— — Entstehung aus Makrophysaliden 13.
— — Inhalt desselben 28.
— — nackter 1. **37.** 40. 47. 56.
— — Regeneration desselben 3. **20.** 36.
— — Umbildung desselben in die Zellwand **3.** 14. 56.
Ptychoide (Aussenhaut) des Ptychodeschlauchs **1.** 11. 45.
— — der Zellwandung **3.** 41. 45.
— — des Zellkerns 6. **7.** 11. 45.
— — des Stärkemehls 85.
— — des Klebermehls 111.
— — der Saftbläschen **12.** 79.
Ptychodin s. Hautstoff.

Reagentien 153.
Reduction der Cambialwandung 36.
Regeneration des Zellkerns 3. **15.**
Reifen 71. **76.**
Reservestoffe **65.** 76.
Resorbtion (Wiederauflösung bereits gebildeter Pflanzentheile und Verwendung des gelösten Stoffes für andere Zwecke) 3. 14. 36. 46. **60.**
Ringfasern 44.
Rohstoffe der Ernährung 69. **74.**

Saftbläschen 1. 2. **10.** 9—15. 79.
Saftbewegung in der Pflanze **23.** 30. 74. 152.
Saftströmung in der einzelnen Zelle 12. 19. **29.** 58.
Salze 68.
Samenhäute 50.
Samenknospe 50.
Samenkorn 49.
Samenlappen 54. 67.
Samenproduktion 67.
Samenruhe 71.
Samenweiss 54.
Saugkraft 11.
Schichtungscomplexe (Ablagerungsschichten-Complexe der Zellwand) **42.** 43.
Schichtungslamellen des Astathebandes 34. **43.** 44. **148.** **150.**
Schlauchfäden (Intracellularkanäle) 2.
Schlauchhaut 1. **24.** 130. 150.
Schleim 67.
Schleimzellen **38.** 68.
Schlichthaut der Zellwandung 3. **21.** 25. 26. 27.
— — der Oberhaut 48.
Schwefel 112.
Selbsttheilung des Ptychodeschlauches **30.** 57. 147.
— — des Zellkerns 15. **16.** 57.
— — des Kernkörperchens 9. 10. **16.** 54.
— — des Stärkemehls 91. 93. **98.** 100. 152.
— — des Inhalts der Saftbläschen 12.
Siebpore, Siebzelle, Siebfaser 26. **27.**
Solitair **109.** 132.
Sonderkörper 68.
Spaltöffnungen **47.** 48.
Spiralfasern, Spiralgefässe 22. **44.** 148.
Splint 46.
Sprossung 72.
Stärkemehl 1. 12. 68. **83.** 96. 151.
— — componirtes **84.** 90. 96. 150.
— — mehrfach componirtes 91.
— — granulirtes 89.
— — formloses 84.
— — geschichtetes 84. **86.**
— — stabförmiges **83.** 85. 96.
— — der Milchsäfte 96.
Staubfaden 49.
Sternkörper **117.** 132.
Stickstoffhaltige Pflanzenstoffe (Proteinkörper — Klebermehl) IV. 108. **112.**
Stoffbildung s. Assimilation.
Stoffspeicherung (Intussusception) 5. **6.** 19. 25.
Stoffwandlung VII. **76**—78. 125. 126.
Stoffwechsel VII.

Tegmen (innere Samenhaut) 50.
Telienchyma (Siebfasergewebe) 26. **27.** 75.

Testa (äussere oder einzige Samenhaut) 50.
Tipfel, Tipfelkanäle 21. **26.** 43. 44. 59. **147.** 150.
Tochterzelle, Tochterschlauch 1. **30.** 57—59. 147.
Träger (des Embryo) 62.
— — (des Grünstoffs) 80.
Traganthzelle (Gummizelle) **39.** 68.
Turgescens (Strotzung): ein auf kräftiger Säfteaufsaugung beruhender, gespannter Zustand hüllhäutiger Organe.

Umbildung des Inhalts der Mikrophysalide 76.
— — des Ptychodeschlauchs in die Zellwand 3. **33.** 37—39. **147.**
— — der Zellwand in den Ptychodeschlauch **20.** 27.
— — der Kernstoffkörper in Cellulose **34.** 105.
— — der Kernstoffkörper in Chlorophyll **79**—83. 138.
— — des Chlorophyll in Stärkemehl **103**—107. 141.
— — des Stärkemehls in Klebermehl **134.** 138. 141.
— — der Kernstoffkörper in Stärkemehl **96.** 102.
— — der Kernstoffkörper in Klebermehl 130.
— — des Klebermehls in Stärkemehl **126.** 137. 140.
— — des Stärkemehls in Cellulose **37.** 143.
— — des Stärkemehls in der reifenden Frucht 101. **151.**
Umkippungsrand (des Stärkekorns) 87. 151.
Urzelle 1.

Vacuole 79.
Vegetations-Cyclus 66.
Vegetations-Perioden **69.** 71—74.
Verdickungsschichten (der Zellwand) 42.
Verkittung (der Zellwände) 46.
Vermehrung des Zellkerns 16.
Verwachsung der Zellhäute **26.** 148.
Vorkeim 47. **61.**
Vorkeimzellen 47. **53.**

Wachs 68. **80.**
Wachsthum 1. 22. **58.** 69. 72.
Wandungsstoffe 68.
Weisskern 110. **116.** 118.

Xylochrom (Verkernungsstoff) 43. **46.**

Zelle 1. **21.**
— — ohnhäusige (nackte Ptychodezelle) 40 a.
— — einhäusige 40 b.
— zweihäusige 40 c.
— — mehrhäusige 41 d.
Zellfasern 22.
Zellhäute 41. **45.**
Zellkern 1. 5. **6.** 10. 59. 104.
— — centraler 6. 13. **17.**
— — wandständiger 6. 11. **17.**
— — Ortsveränderung desselben 17.
— — Umbildung der Kernstoffkörper desselben in Chlorophyll 79.
— — — — in Saftbläschen 10.
— — — — in Stärkemehl 97.
— — — — in Klebermehl
— — — — in Cellulose 37—39.
— — Verjüngung desselben 15.
— — Vermehrung desselben 4. **16.**
Zellkernbeutel 2. 12. **13.** 14. 23. 59. 60.
Zellraum 1.
Zellsaft **1.** 21. **30.** 69. 76.
Zellstoff 44. S. Cellulose.
Zellstoffbildung 3. S. Cellulose.
Zellstoffkörper 2. S. Cellulose.
Zellwandung VI. 1. 3. 4. **21.** 33. 41. 42. 47. **148.** 150.
— — Auflösung derselben im Keimungsprocesse 37. 68. 133. **142.**
Zucker 67. **68.** 73. 74. **101.** 125.
Zuwachs (an Stöcken) 75.
Zymom 112.

IV. Namenverzeichniss

der gegebenen Abbildungen, mit Hinweisung auf die §§. und Seiten des Textes, die eine Erklärung der Figuren enthalten.

In den, dieser Schrift beigegebenen Tafeln ist der Zellkern überall durch karminrothe Färbung, auf den ersten beiden Tafeln ist das Kernkörperchen durch ein dunkleres Roth hervorgehoben, entsprechend der Färbung, welche diese Zellkörper in kurzer Zeit annehmen, wenn sie, oder auch nur das einschliessende Zellgewebe mit Karminlösung in Berührung kommen. Die Chlorophyllkörper sind hervorgehoben durch die ihnen natürliche grüne Farbe; die Kleberkörnchen durch das Gelb welches ihnen Jodglycerin ertheilt. Zur Verminderung der Kosten des Farbendrucks habe ich das Stärkemehl nicht durch das Blau der Jodreaction, sondern durch, dem tiefen Blau ähnliche, dunklere Kreidezeichnung da hervorgehoben, wo dies, wie in den gegebenen Entwickelungsfolgen der Tafeln III und IV, zur Orientirung zweckmässig erschien.

Die meisten Figuren sind Planzeichnungen, entsprechend den, mit dem anatomischen Messer hergestellten Durchschnitten. Nur in einzelnen Fällen, z. B. bei den Zellkernen Taf. I, Fig. 34—65, bei den Zellen Taf. II, Fig. 40, 42—45, beim Stärkemehle, Klebermehle, Chlorophyll der Tafeln III und IV habe ich Körperdarstellung gewählt und diese durch entsprechende Schattirung angedeutet.

In den meisten Figuren sind die Zellendurchschnitte nur durch ihre sechsseitigen Umfanglinien angedeutet (Taf. IV, Fig. 1—5), und nur in einzelnen Fällen, wo der Text eine ausführlichere Darstellung erheischte, habe ich die Zellwanddurchschnitte vollständig und so wiedergegeben wie sie wirklich sind; so z. B. in den Figuren Taf. IV, Fig. 6, wo sie der Entwickelungsgeschichte der Zellwand dienen, ferner Taf. II, Fig. 40—46.

Tafel I.

Zur Entwickelungsgeschichte des Pflanzeneies, des Keimsäckchens, der Vorkeime, des Embryo, der Zellkernbeutel und der Zellkerne, nebst einigen, den Bau des Stärkemehls betreffenden Abbildungen (Fig. 76—80).

Fig. 1—26 Entwickelungsgeschichte des Samenkorns von Lupinus luteus. §. 52.
- Fig. 1—6 Entwickelungszustände des Eies. §. 48, 49, 52.
- Fig. 7—9 das isolirte Keimsäckchen. §. 52.
- Fig. 10—18 zur Entwickelungsgeschichte der Zellkern-Brutbeutel für die Grünschläuche. §. 62. (§. 12, 13, 53.)
- Fig. 19—26 Entwickelungsfolge der Vorkeime. §. 62. (§. 12, 14, 16, 46.)
- Fig. 12 Entwickelung des Embryo (b) an der Spitze des zum Träger (a) ausgebildeten Vorkeims (Fig. 26). Seite 63.

Fig. 27—33 Zellkern-Brutbeutel aus dem Keimsäckchen von Phaseolus. §. 53.
- Fig. 27 ursprüngliche, verästelte Schlauchform der Brutbeutel. S. 62.
- Fig. 28 contrahirte Form derselben in der Flüssigkeit des Objectträgers, stärker vergrössert. S. 62.
- Fig. 29, 30 einzelne Zellkerne. §. 8, 10.
- Fig. 31—33 einzelne Kernkörperchen daraus in steigender Vergrösserung. §. 10.

Fig. 34—41 Die ersten Entwickelungszustände eines Zellkern-Brutbeutels aus dem Keimsäckchen von Lupinus luteus. §. 53. (§. 18.)

Fig. 42—49 Entwickelungsfolge einer Endospermzelle aus dem Keimsäckchen von Lupinus luteus. S. 55. (§. 14, 16.)

Fig. 50—53 Diffusion der Kranzkörperchen im Innern eines Zellkerns aus dem Keimsäckchen von Pisum sativum und Umbildung derselben zu Kernstoffkörpern. §. 10. S. 9. (§. 13.)

Fig. 54—60 Verschiedene Zustände des Zellkerns aus dem Keimsäckchen von Vicia und Pisum unter Einwirkung von Karminlösung. §. 9. (§. 12.)

Fig. 61—63 Zellkern aus den Brutbeuteln des Keimsäckchens von Clematis. §. 14.

Fig. 64, 65 Zellkern aus dem Keimsäckchen von Clematis in den ersten Stadien der Endospermbildung. §. 14.

Fig. 66—75 Längendurchschnitte aus unreifem Samen verschiedener Pflanzen, um die verschiedenen Entwickelungsverhältnisse des Endosperm und die Lage des Keims innerhalb der Einstülpung einer inneren Schlauchhaut des Keimsäckchens zu zeigen. §. 48—52, 62.
- Fig. 66, 67 aus Tropaeolum. S. 63.
- Fig. 68 aus Nuphar. S. 51.

Fig. 69 aus Corylus. S. 63.
Fig. 70 aus Tilia. S. 63.
Fig. 71—75 aus Ricinus. S 63.

Fig. 76* Zellkern aus dem Endosperm von Vicia Faba während der Resorbtion dieses Zellgewebes durch den heranwachsenden Embryo. §. 8.

Fig. 76—80 granulirtes Stärkemehl. §. 81—83.
Fig. 76 aus Elymus dauricus.
Fig. 77 aus Cynosurus echinatus.
Fig. 78 aus Oryza.
Fig. 79 aus Lolium.
Fig. 80 aus Tradescantia grandiflora. (S. 94.)

Fig. 81—84 Zellkerne aus dem Stengelchen der Keimpflanze von Cucurbita. §. 8.

Fig. 85, 86 Zellkerne aus dem 1½''' langen Stengelchen eines keimenden Samenkorns von Pinus sylvestris. (Nicht aus Cucurbita, wie irrthümlich im Texte steht.) §. 20.

Tafel II.

Zur Entwickelungsgeschichte der Endospermzellen von Cucurbita, Clematis, Amygdalus; der Cellulosekörper und einiger Stärkemehlformen.

Fig. 1—26 zur Entwickelungsgeschichte der Endospermzellen von Cucurbita Pepo. §. 57, 74.
Fig. 1 und 2 Kernwarze des Eies und absteigende Entwickelung des anfänglich schlauchförmigen Keimsäckchens. §. 50.
Fig. 3 Das Keimsäckchen mit dem, in dem oberen Endosperm eingeschlossenen Keim. §. 50.
Fig. 4—7 Kernkörperchen und deren fortschreitende Entwickelung zu Zellkernen. § 10.
Fig. 8—13 fortgesetzte Entwickelung und Wachsthum der Zellkerne §. 8, 10, 12.
Fig. 14—18 Abschnürung eines nackten Ptychodeschlauches zu zwei Tochterschläuchen. §. 19, 20, 59.
Fig. 19 und 23. Zwei Wandungszellen mit Ptychodeschlauch, Intracellularkanälen (a, b, c die Fortbewegung von Chlorogenkörpern in den Kanälen andeutend), Zellkernbeutel und centralem Zellkerne, der in Fig. 19 einfach, in Fig. 23 Zwilling ist. Die Kernstoffkörper des Zellkerns in 19 zeigen genau denselben Verlauf ihrer Begrenzung wie die Intracellularkanäle des Ptychodeschlauches derselben Figur. §. 19, 59, 60.
Fig. 20—22 Selbsttheilung des Ptychodeschlauches einer Endospermzelle in zwei Tochterschläuche. Entwickelungsfolge: 21, 20, 22.
Fig. 24—26. Bildung von Tochterzellen im Innern einer Mutterzelle durch mehrarmige Einstülpung der inneren Schlauchhaut in den Zellraum. §. 58.
Fig. 20*, 25* Selbsttheilung des Zellkerns: 20* Zweitheilung, 25* Dreitheilung. §. 19.

Fig. 27—33 Entwickelungsfolge der Endospermzellen von Clematis. §. 16, 18, 56.
Fig. 34—38 Zellkerne aus dem Endosperm von Amygdalus communis. §. 13.
Fig. 39 Zellkern aus dem Endosperm von Lupinus. §. 12.
Fig. 40—46 Zellwandungen. §. 35.
Fig. 40 Holzfaser der Kiefer mit gewaltsam auseinander gezerrtem Astathebande, dessen Zertheilung in Primitivfasern und Primitivküchelchen. §. 42.
Fig. 41 Zelle aus dem Endosperm von Phytelephas macrocarpa. §. 38.
Fig. 42 Querschnitt von der Grenze des Holz- und Bastkörpers der Lärche. §. 35.
Fig. 43 Stück einer Spiralfaserzelle mit Uebergang in die Wandbildung der Tipfelzelle, a von aussen gesehen, b Längendurchschnitt. §. 28.
Fig. 44 Stück einer Siebfaserzelle. §. 29.
Fig. 45 Verschiedene Entwickelungszustände der Holzfaser aus der Fichtenknospe, der Raumersparniss wegen in eine Figur, von a nach d fortschreitend, dargestellt. §. 34, 35.
Fig. 46 Dieselben Entwickelungszustände (a—d) im Querschnitte vier verschiedener Holzfasern dargestellt. Beide Figuren (45 und 46) stellen die Bildung einer zweiten Zellwand aus Zellstoffkörpern dar, unter gleichzeitiger Resorbtion der Cambialwandung bis auf deren häutigen Bestand. §. 34, 35. Einen ähnlichen Vorgang zeigt der Holzschnitt Seite 148.

Fig. 47—58 Darstellung verschiedener Stärkemehlformen.
Fig. 47—52 Stärkemehl des Hafers, und zwar: 47 Grosskorn; 48—50 Mittelkörner; 51, 52 a—k Zwillinge, Drillinge, Vierlinge aus den Mittelkörnern; 52 l—m Kleinkörner. §. 83.
Fig. 53—58 Uebergänge der Schichtenbildung (53, 54) in die Körnelung (55, 56) verschiedener Mehlkörner desselben Samenkorns von Cenchrus echinoides, zum Theil in Scheibenschnitten (57, 58) dargestellt. §. 82. S. 90.

Fig. 59—62. Diese Figuren zu §. 31 fanden auf der Tafel nicht mehr Platz und sind daher in einem Holzschnitte Seite 146 gegeben, und erklärt.

Tafel III.

Zur Entwickelungsgeschichte des Chlorophyll und des Stärkemehls.

Fig. 1 Zelle aus dem Fruchtfleische von Vitis vinifera, der Zellkern mit geschlossenen Chlorophyllkörnern. §. 76.

Fig. 1 b ein folgender Entwickelungszustand des Zellkerns, in welchem die Chlorophyll-Physalide von ihm ab und theilweise in den langen Intracellularkanal getreten sind. §. 76.

Fig. 2 Stärkemehl bereitende Zelle aus dem Fruchtfleische von Cucurbita Pepo Die componirten, Fig. 10 a—h vergrössert dargestellten Mehlkörner und einzelne Chlorophyll-Physalide theils noch im Innern des Zellkerns, theils schon in den weiträumigen Intracellularkanälen. §. 86, 89.

Fig. 2 b Diffusion der Stärkekörnchen und Uebergang in einen Intracellularkanal. §. 86, 80, 89.

Fig. 3 Zelle aus derselben Frucht mit Chlorophyll und Einstülpung der neuen Schlauchhaut in den Innenraum der Zelle, zur Bildung eines neuen Ptychodeschlauches aus dem, in der Einstülpung liegenden Zellkerne. §. 76.

Fig. 4—6 Makrophysalidenbildung des wandständigen Zellkerns in der Fig. 3 dargestellten Zelle. §. 76, 14.

Fig. 7 a—f Entwickelungsreihe des Chlorophyll aus Vitis vinifera. §. 76.

Fig. 8 Chlorophyll-Physalid aus Conferva. §. 91.

Fig. 9 Entwickelung des Stärkemehlkorns im Innern eines Chlorophyllkorns aus dem Blatte von Begonia. §. 80, 91.

Fig. 10 einfach componirtes Stärkemehl aus der Fruchtzelle von Cucurbita (ad Fig. 2). §. 89 b, 80, 86.

Fig. 11 ungelöste Hüllhaut des einfach componirten Stärkemehls aus der Muskatnuss, nach Behandlung mit salpetersaurem Quecksilber. §. 80.

Fig. 12 Veränderungen des Zelleninhaltes der Samenlappen von Quercus während des Reifens und Keimens (g Gerbzelle). §. 89 a.

Fig. 13 desgleichen aus Vicia Faba. §. 91 a, 80, 86, 89.

Fig. 14 a b Lagerstätte des Stärkemehls im reifen Samenkorne von Vicia Faba, behandelt mit salpetersaurem Quecksilber. §. 91 a, 80, 88, 89.

Fig. 17 nähere Darstellung der Stärkemehlbildung im Zellkern von Vicia Faba. §. 91 a, 86.

Fig. 18 a—h Zellkerne aus den Samenlappen von Vicia Faba, zur Zeit wenn diese ¼ endlicher Grösse erreicht haben (Fig. 13 a b). §. 91 a. S. 104.

Fig. 19 a b desgleichen. S. 105.

Fig. 16 a—e Veränderungen des Roggen-Mehlkorns beim Keimen. §. 88, 82.

Fig. 25 a—f Veränderungen des Zelleninhaltes während des Reifens und Keimens der Samenlappen von Phaseolus vulgaris. §. 91.

Fig. 15 a—e Veränderungen des Stärkemehls von Phaseolus vulgaris während des Keimens. §. 88, 91.

Fig. 20 a—g Entwickelungsfolge des Stärkemehls der Kartoffelfrucht im Innern eines ursprünglichen Chlorophyll-Physalids. §. 91 c, 89, 80.

Fig. 21, 22 Veränderungen desselben Stärkemehls beim Reifen der Frucht. §. 91, 88.

Fig. 23 Zelle aus den Staubfädenhaaren der Tradescantia virginica. §. 27.

Fig. 24 Zelle eines Kartoffelkeims nach Behandlung mit salpeters. Quecksilber. §. 89, 80.

Fig. 25 s. weiter oben.

Fig. 26—32 verschiedene Formen und Durchschnitte des Stärkemehls der Kartoffelfrucht. §. 80, 81.

Fig. 33, 34 Stärkemehl aus dem Milchsafte der Euphorbien. §. 80.

Fig. 35 desgleichen aus der Wurzel von Iris Florentina. §. 81.

Fig. 36 desgleichen aus der Wurzel von Spiraea ulmaria. §. 91 h, 83.

Fig. 37 a—e Veränderungen des Zelleninhaltes im Perisperm von Nuphar luteum während des Reifens. §. 91 g.

Fig. 38—44 zur Entwickelung des componirt-granulirten Stärkemehls von Nuphar luteum. §. 91 g, 83, 87.

Fig. 45—48 Stärkemehl aus dem Samen von Lagurus ovatus. §. 82.

Tafel IV.

Zur Entwickelungsgeschichte des Klebermehls.

Die in den Figuren 1—6 aneinandergereiheten Zellen zeigen die Veränderungen des Ptychodeschlauches, des Zellkerns und der übrigen Sonderkörper ein und derselben Zelle, wie sich dieselben im Verlauf des Reifens und des Keimens in der dargestellten Reihefolge zu erkennen geben. In den Figuren 1—5 ist auf die verschiedenen Entwickelungszustände der Zellwand keine Rücksicht genommen, die Zellen sind hier nur in ihren Umrissen gezeichnet. In Fig. 6 hingegen ist auch die Zellwand in ihrer vor- und rückschreitenden Bildung dargestellt.

Fig. 1 a—f Veränderungen des Zelleninhaltes im Endosperm von Ricinus communis während des Reifens und des Keimens. §. 102. Seite 130.

Fig. 2 a—d Veränderungen des Zelleninhaltes im Endosperm von Fraxinus beim Keimen. S. 131.

Fig. 3 a—l Veränderungen des Zelleninhaltes im Endosperm von Vitis vinifera beim Reifen und Keimen. S. 132.
k—l drei Solitaire mit Weisskern, Sternkörper und Krystalloid aus dem reifen Samen Fig. 3 e.

Fig. 4 a—k desgleichen in den Samenlappen von Corylus Avellana. §. 104. S. 134.

Fig. 5 a—p desgleichen in den Samenlappen von Lupinus luteus. §. 105. S. 138.

Fig. 6 a—p desgleichen in den Samenlappen von Tropaeolum majus. S. 142.

Fig. 7 Chlorophyll-Brutbeutel aus dem Samen von Tropaeolum. S. 143.

Fig. 9, 10 einfach componirte Stärkekörner aus den Samenlappen von Tropaeolum, entstanden durch Umbildung der, Fig. 7 dargestellten, componirten Chlorophyllkörner. S. 143.

Fig. 8, die, Fig. 9 und 10 dargestellten Stärkekörner während ihrer Umbildung zu Kleberkörnern. S. 144.

Fig. 11, die, Fig. 9 und 10 dargestellten, componirten Stärkekörner nach ihrer Umbildung in componirte Kleberkörner. S. 144.

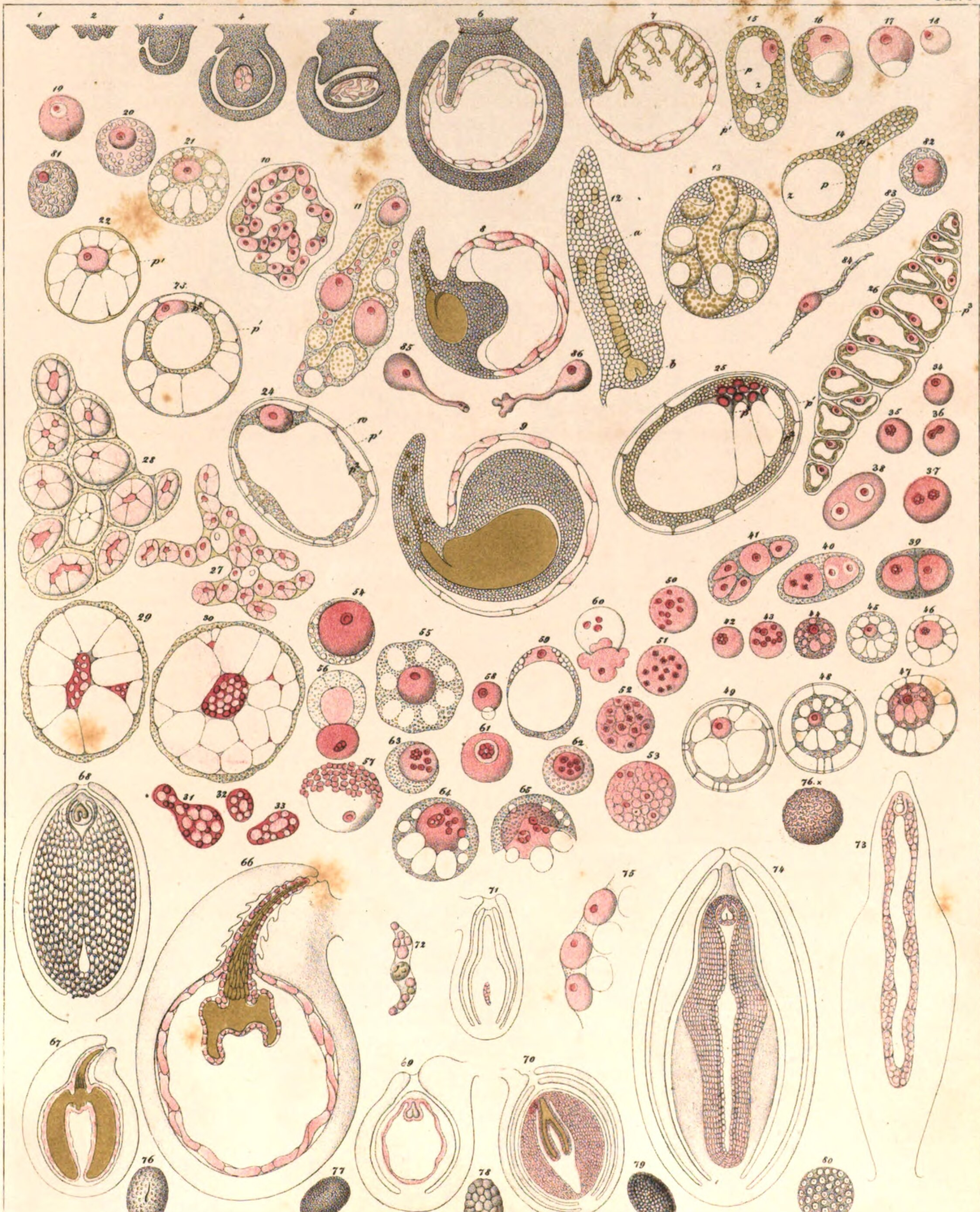
Fig. 12 Luftblase im Zellkerne von Tropaeolum. S. 143.

Fig. 13 Umbildung des Stärkekorns in Chlorophyll. S. 145.
Fig. 14 a—f Stärkemehlbildung im Klebermehl der Nadelhölzer. S. 137.
Fig. 15 a—f Physalidenbildung aus den kranzkörperförmigen Einschlüssen des Klebermehls von Prunus insititia. S. 136.
Fig. 16 a - o Physalidenbildung aus dem Krystalloid des Solitair von Lupinus luteus. S. 139.
Fig. 17 Krystalle eines Ammoniaksalzes. S. 119.
Fig. 18 a—zz Gleis-Krystalle aus der natürlichen Klebermehllösung verschiedener Sämereien. §. 101. S. 127.
Fig. 19 a—w zur Entwickelungsgeschichte der Weisskerne, der sternförmigen Kranzkörper und der Krystalloide aus den Solitairen des Klebermehls im Rosinenkerne. §. 98. S. 118.
Fig. 20 a—e Bläschenbildung im Innern der Kranzkörper des Klebermehls von Carpinus während der Keimung. S. 133.
Fig. 21 a—g Krystalloid aus dem Klebermehle des keimenden Samens von Taxus. S. 137.
Fig. 22 Entwickelungsfolge zwischen Zellkern und Klebermehl im Samenkorne von Lupinus albus. S. 141.
a Der Zellkern und die von ihm sich lösenden, schon grün gefärbten Kernstoffkörper.
b Umbildung der Kernstoffkörper in Brutbeutel mit grünen, componirten Chlorophyllkörnern, deren fünf verschiedene isolirt daneben gezeichnet sind — ebenso in den folgenden Figuren.
c Entstehung des Stärkemehls im Innern der Chlorophyllkörnchen.
d Die Chlorophyllkörnchen haben sich vollständig zu Stärkekörnchen umgewandelt.
e von Aussen nach Innen fortschreitende Umbildung der Stärkekörnchen in Kleber.
f vollendete Umbildung in componirte Kleberkörner.
Fig. 23 a Endospermzelle aus dem Haferkorne nach Auflösung des Stärkemehls durch salpetersaures Quecksilber. S. 121.
b Endospermzelle aus Elymus dauricus. S. 121.
c Endospermzelle aus Koeleria hirsuta. S. 121.
Fig. 24 a Endospermzelle aus Cladium germanicum. S. 122.
b Endospermzelle aus Carex Grayiana. S. 121.
c Endospermzelle aus Sparganium ramosum. S. 122.
Fig. 25, 26 Keimung der Klebermehlzelle von Cucurbita Pepo. S. 131.
Fig. 27 a—h Klebermehl, dessen Aleuronkrystalle und Weisskerne aus Ricinus communis (ad Fig. 1 d). S. 114.
Fig. 28 a—h Klebermehl (componirtes) aus einer Euphorbie (Pasqualita). S. 114.
Fig. 29 a—m verschiedene Formen und Bildungen des Klebermehls. S. 110—115.
a b componirtes Mehl mit ballenförmigen Zusammensetzungstheilen aus Myrica cerifera. S. 115.
c—g Klebermehl aus Bertholletia excelsa. S. 110, 113, 114, 115, 116.
h desgl. aus Menispermum. S. 111.
i desgl. aus Verbena venosa. S. 112.
k desgl. aus Thuja. S. 112, 115.
l desgl. aus Linum. S. 112.
m desgl. aus Vicia. S. 115.
Fig. 30 a—m verschiedene Formen und Bildungen des Klebermehls.
a Klebermehl aus Myristica moschata. S. 111, 114.
b desgl. aus Croton Curcas. S. 111, 115, 119.
bb desgl. aus Phyllanthus. S. 119.
c desgl. aus Lupinus. S. 113.
d desgl. aus Conium. S. 116, 117.
e desgl. aus Pistia Stratiotes. S. 110, 111, 114.
f desgl. aus Laurus Pichurim. S. 110.
g desgl. aus Magnolia. S. 112, 115.
h desgl. aus Camellia oleifera. S. 112, 115.
i desgl. aus Canarium commune. S. 112.
k desgl. aus Moringa aptera, mit Ammoniak behandelt. S. 112, 114.
l desgl. aus Passiflora. S. 114.
m desgl. aus der Muskatblüthe. S. 111, 115.

Holzschnitte.

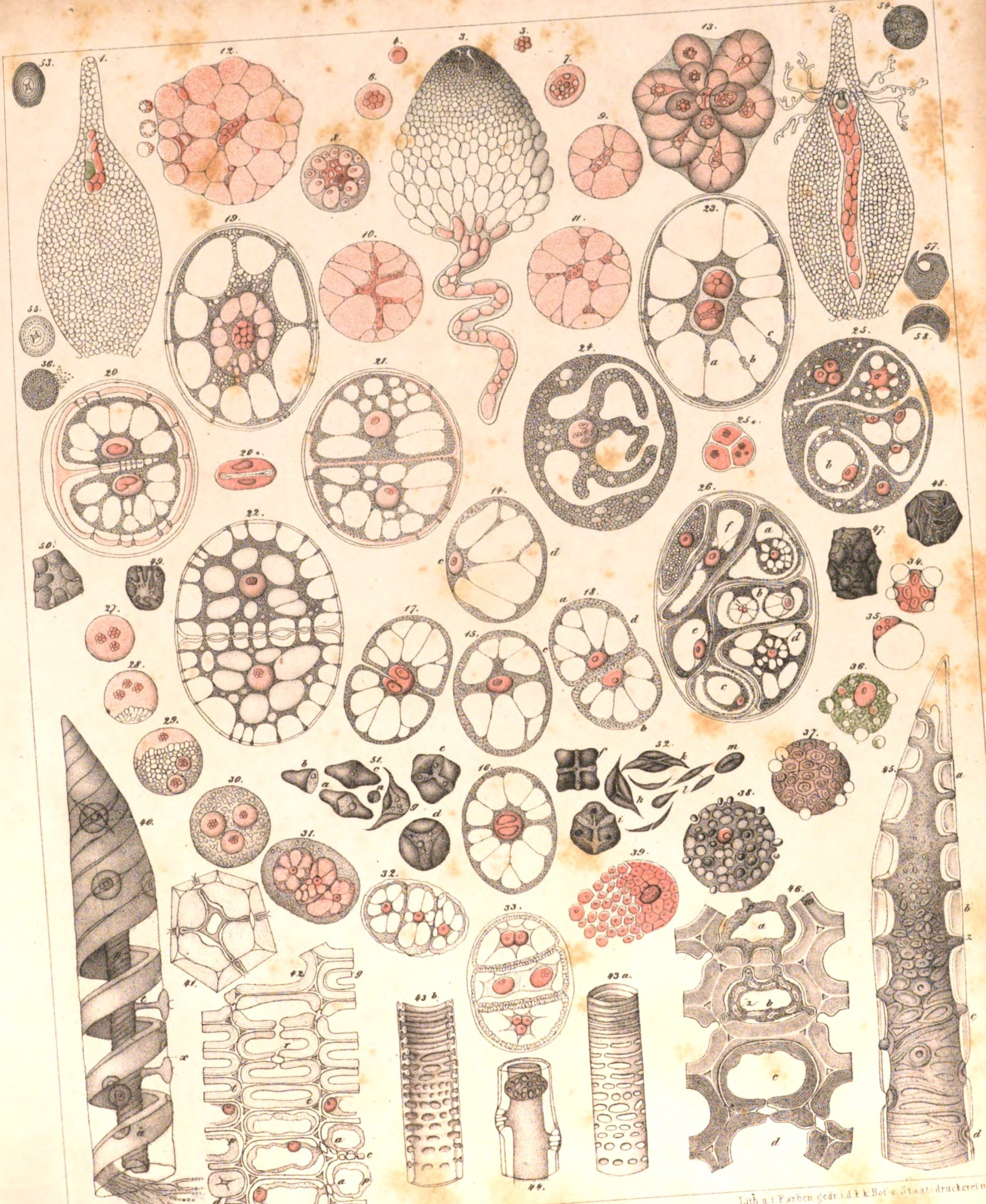
Titelblatt. Seite 148.
Seite 146, Fig. 59—63, Erklärung ebendaselbst.
Seite 146, Fig. 1—5, Erklärung Seite 151.
Seite 149, Erklärung ebendaselbst.

Druck von J. B. Hirschfeld in Leipzig



Th. Hartig obs. et del.

Lith. u. i. Farben ged. i. d. k. k. Hof- u. Staatsdruckerei in Wien.



Lith. u. i. Farben gedr. i. d. k. k. Hof- u. Staatsdruckerei in Wien.

Th. Hartig obs. et del.



Th. Hartig obs. et del.

Lith. u. i. Farben gedr. i. d. k. k. Hof- u. Staatsdruckerei in Wien



Lith. u. i. Farben ged. i. d. k. k. Hof- u. Staatsdruckerei in Wien

Th. Hartig obs. et del.

Förster Buchh.

Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Hartig, Theodor,

Entwickelungsgeschichte des Pflanzenkeims Dessen Stoffbildung und Stoffwandlung während der Vorgänge des Reifens und des Keimens ; für Pflanzenbau und Pflanzenchemie

Leipzig 1858

4 Phyt. 133 w
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10229699-8